tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 49 – nr. 3 – 1984

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en - verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbarellidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt f1.60.-per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 60,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

VEDERPRIJS 1982

Op 13 maart 1984 werd de Vederprijs 1982 in het Philips Natuurkundig Laboratorium tijdens de 321 werkvergadering van het NERG uitgereikt door de heer W.van Hoboken aan

Dr. Ing. D. Kasperkovitz

en

Ing. H.W. van Rumpt

De considerans werd uitgesproken door Prof.J.Arnbak.

Geachte toehoorders,

Het Wetenschappelijk Radiofonds Veder heeft ten doel de bevordering van de ontwikkeling van de wetenschap en techniek op het gebied van radio-telegrafie, radiotelefonie en radio-televisie, en al zodanige wetenschappen en technieken, welke in de toekomst uit of naast deze bovengenoemde wetenschappen en technieken mochten voortkomen en ontstaan.

De Vederprijs wordt sinds 1929 jaarlijks uitgereikt voor die uitvinding of werkwijze die het meest heeft bijgedragen tot het genoemde doel van het Wetenschappelijk Radiofonds. Het thema van de lezingen vandaag is: "Methoden en technieken voor systeem-ontwerpen". De uitreiking van de Vederprijs 1982 is te zien als een feestelijke variatie op dit thema: De toekenning is met name gebeurd op grond van een bijzonder creatief en geavanceerd systeem-ontwerp, en verder zijn de beloonde werkzaamheden uitgevoerd in het Laboratorium zelve waar wij hier vandaag te gast zijn. Het bestuur van de Stichting Wetenschappelijk Radiofonds Veder is dan ook bijzonder dankbaar voor de gelegenheid geboden door de organisatoren van deze lezingen, het NERG en de Sectie Telecommunicatie Techniek van het KIvI, en door de directie van het Natuurkundig Laboratorium, om hier in Uw prodessionele midden de prijsuitreiking te mogen verrichten.

Een jaar geleden verschenen in de nationale en internationale pers berichten dat de N.V.Philips met de industriële produktie zou beginnen van een complete geïntegreerde FM-ontvanger, op één chip, ter grootte van 3,5 mm². De pers leek het meest geboeid te zijn door de



Mevrouw Kasperkovitz neemt de oorkonde in ontvangst voor haar echtgenoot, die wegens ziekte niet aanwezig kon zijn. Van l.n.r. Prof.Arnbak, de Heer van Hoboken, Ing.van Rumpt en Mevrouw Kasperkovitz.

mogelijkheden van inbouw van miniscule omroep-ontvangers in ball-points, aanstekers en oorbellen. U, mijne toehoorders, zult als professionele ingenieurs echter nagaan, of er niet tevens een groot scala van nieuwe radiosystemen mogelijk is, buiten de enge omroep- en amusementssfeer.

Bijvoorbeeld: Veel kleinere en veelzijdige ontvangers voor semafonie (paging); inbouw van ontvangers in zakcomputers voor downloading van software, zoals nu in Teletekst, geheel zonder gebruik van een local area network (dan wel PTT-lijnen en modems); draadbare navigatie-toestellen voor bestellers, boswandelaars en bergbeklimmers. De maatschappelijke ontwikkelingen - en de vacatures - in de V.S., Japan en Scandinavië wijzen nu al erop, dat juist systemen voor mobiele spraak- en datacommunicatiediensten een van de meest belovende markten en werkgebieden voor breed geöriënteerde professionele systeemontwerpers lijken te worden.

Het is passend vandaag om even stil te staan bij die brede orientatie van de goede systeemontwerper. Enerzijds dient hij telkens de functionele eisen en behoeften voor bepaalde informatie-applicaties in zijn ontwerp te betrekken - tegenwoordig wordt dit soms met "marktgerichtheid" of "gebruikersvriendelijkheid" aangeduid - doch anderzijds moet hij steeds op de hoogte blijven van de nieuwe mogelijkheden en ook beperkingen van de moderne elektronische technologie.

Er valt thans een groeiende vrees te bespeuren in Europa - waaronder zeker ook Nederland - dat wij deze zware dubbele taakstelling van de informatietechnologie onvoldoende hebben erkend in het wetenschappelijk onderwijs en in het bedrijfsleven. Universitaire vakgroepen en commerciële industriegroepen lijken soms te specialistisch bezig op verkavelde deelgebiedjes of in conventionele marktsegmenten, waardoor kruisbestuiving van uiteenlopende systeemtechnische verlangens met nieuwe technologische inzichten een traag - of zelfs toevallig - proces wordt. Is dat de reden, waarom de snel rijpende vruchten van de nieuwe informatie- en communicatie-ontwikkelingen zo zelden in de Oude Wereld geplukt worden? In ieder geval worden nu, naast de achtenswaardige klassieke zuilengebouwen in ons antieke Europese landschap, met spoed allerlei nieuwe kweekkassen gepland en soms zelfs getimmerd, waarin gestimuleerde groei in een beschermd klimaat tot meer technologisch esprit, een nieuw industrieel elan, moet leiden.

Dames en heren. De Vederprijs 1982 is toegekend voor de ontwikkeling van de reeds genoemde monolitisch geïntegreede FM-ontvanger, juist omdat hierbij wel op bijzonder vruchtbare wijze technologische kennis van modern analoog IC-ontwerpen is gecombineerd met zeer verrassende systeemtechnische oplossingen. De oplossingen omzeilen het lastige probleem van de vele spoelen en hoogfrequente selectieve resonantie-kringen in de klassieke heterodyne FM-ontvanger. Spoelen zijn voor IC-ontwerpers nog steeds verwikkelingen. Daarom is in het beloonde ontwerp gekozen voor een middenfrequentie van 70 kHz, i.p.v. de klassieke 10,7 MHz. Hierdoor wordt kanaalselectie mogelijk met een laagdoorlaat RC-filter, dat zonder problemen in het IC-ontwerpproces kan worden opgenomen.

Hoezo, roept hier de omroepdeskundige, zonder problemen? Voor een middenfrequentie van 70 kHz voor FM-omroep kan toch geen prijs worden gegeven - immers, de maximale frequentiezwaai is zelfs 75 kHz, zodat het FM-signaal ongeveer een bandbreedte van 225 kHz kan bestrijken. Hoe kun je 225 kHz nu rond 70 kHz plaatsen zonder zeer ernstige problemen te krijgen met vervorming, spiegelfrequenties en nabuurkanalen?

Het originele antwoord vanuit de systeemtechniek is: frequentieterugkoppeling, ofwel FMFB. Dat is wel een bekende techniek om de drempel in professionele FM-ontvangers te verlagen, bijvoorbeeld in satelliet-communicatie, maar het gebruik in een consumentenontwerp om een eigenlijk te smal RC-filter geschikt te maken voor een kanaalselectie is zeer innovatief. Dit smalle filter duidt hier dus weer op een brede systeemkennis.

Ik hoop, dames en heren, dat U straks van de prijswinnaars meer van de vernuftige details zult vernemen. Het is echter al lang tijd om hun namen bekend te maken.

Dr.Ing. D.Kasperkovitz! U bent in meer dan één opzicht een grensoverschrijder hier in het Natuurkundig Laboratorium. Komend uit de theoretische kernfysica heeft U zich de moderne analoge integratieprocessen en -problemen eigen gemaakt, en U bent daarna met grote vindingrijkheid overgestapt op het applicatie-gerichte systeem-ontwerpen. In deze bent U op voortreffelijke wijze bijgestaan door Ing. H.W. van Rumpt, die zeer verdienstelijke vaardigheid en volharding heeft opgebracht bij de vele implementaties en metingen die noodzakelijk zijn om een zodanige nieuwe ontwikkeling met succes af te ronden.

Dr. Kasperkovitz en Ing. van Rumpt. Het bestuur van het Vederfonds is van oordeel dat de door U in dit Laboratorium ontworpen en geïntegreerde FM-ontvanger een voorname bijdrage tot de ontwikkeling van de nationale en internationale radiosusteemtechniek is. Daarom is eenstemmig besloten om U de Vederprijs 1982 toe te kennen, met f 5.000,-- aan Dr. Kasperkovitz en f 3.000,-- aan Ing. van Rumpt, op grond van de volgende considerans:

De combinatie van creativiteit, systeeminzicht en technologisch inzicht, die geleid heeft tot nieuwe mogelijkheden voor monolitische geïntegreerde radioschakelingen, in het bijzonder ontvangers voor frequentiemodulatie.

Ik feliciteer U van harte met deze prestatie, en spreek de hoop uit dat U en het bedrijf dat zich mag verheugen in Uw verdienstelijke medewerking, zullen slagen om ook de volgende stappen in de felle concurentie op dit commerciëel aantrekkelijke gebied even overtuigend te zetten.

Gaarne nodig ik U uit om van de voorzitter van de Stichting Wetenschappelijk Radiofonds Veder, de heer W. van Hoboken, Uw prijzen en de bijbehorende oorkonde in ontvangst te nemen.



Uitreiking aan Ing. H.W. van Rumpt






NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(320e werkvergadering)
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHNIEK, KIvI
IEEE BENELUX SECTION

UITNODIGING

voor de lezingendag op **31 januari 1984** te houden bij **Hollandse Signaalapparaten B.V.** te **Huizen N.H.**.
THEMA: ONDERWERPEN UIT DE MILITAIRE COMMUNICATIE.

PROGRAMMA

9.30 uur : Ontvangst en koffie.

OCHTEND THEMA : HET NIEUWE AUTOMATISCHE VERBINDINGSSTELSEL ZODIAC VOOR DE KONINKLIJKE LANDMACHT.

10.00 uur : **IR. P. VAN DER VLIST**, (Directie Mat. Kon. Landmacht/MVA-2): INLEIDING, BESCHRIJVING VAN HET NETWERK.

10.30 uur : **IR. A. J. W. VAN DAAL**, (Philips, HSA, Huizen): DE SCHAKELAUTOMAAT.

11.10 uur : Koffiepauze.

11.40 uur : **IR. J. F. H. PACANDA**, (Directie Mat. Kon. Landmacht/MVA-2): DATABASE ASPECTEN.

12.10 uur : **IR. B. V. VAN OS**, (Physisch Lab. TNO, Den Haag): HET BEDRIJFSVOERINGSSYSTEEM.

12.40 uur : Lunch.

MIDDAG THEMA : STORINGS ONDERDRUKKING.

14.10 uur : **IR. C. EBERWIJN**, (Physisch Lab. TNO, Den Haag): KWALITEITSVERBETERING IN DE DATACOMMUNICATIE MET BEHULP VAN EEN FEC-CODE.

14.30 uur : **DR. IR. E. C. VAN BALLEGOOIJEN**, (Physisch Lab. TNO, Den Haag): SIMULATIE VAN EEN ADAPTIEF ANTENNESYSTEEM.

15.00 uur : Theepauze.

15.15 uur : **IR. O. B. M. PIETERSEN**, (NLR, N.O. polder): AUTOMATISCHE NUL-STURENDE ANTENNESYSTEMEN VOOR NAVSTAR/GPS.

16.00 uur : Sluiting.

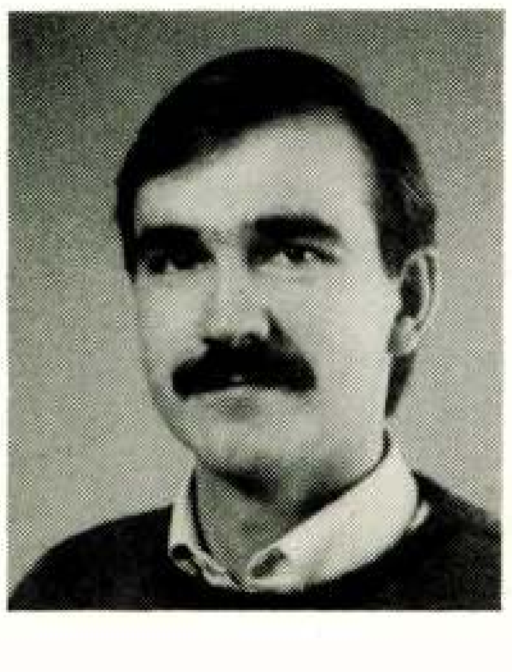
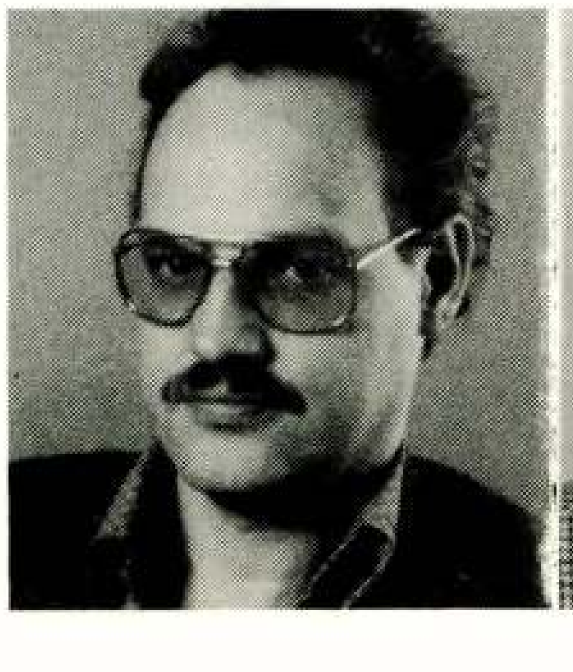
Aanmelding dient te geschieden door inzending van de aangehechte kaart vóór 15 januari 1984.

De deelname kosten (incl. lunch) voor leden van NERG, KIvI en IEEE zijn nihil, voor introducee's bedragen zij *f* 15,— per deelnemer, ter plaatse te voldoen. Het aantal deelnemers is beperkt tot 50; toelating vindt plaats in volgorde van aanmelding met toelatingsbevestiging.

Per openbaar vervoer is Hollandse Signaalapparaten B.V., gelegen aan de Warandebergstraat te Huizen, bereikbaar vanaf station Bussum/Naarden via de buslijnen 134 en 135 van Centraal Nederland (15 min. rit, ½ uurs dienst).
Per eigen vervoer neemt men, komend van de A1, de afslag Blaricum/Huizen en rijdt men via de Crailoseweg richting Huizen. Na de derde groep verkeerslichten neemt men de eerste weg rechts (Baanbergenweg), derde links (Botterstraat) en eerste weg links (Warandebergstraat). (Zie kaartje aan de achterzijde).

Den Haag, december 1983.

Namens de samenwerkende verenigingen,
DR. G. W. M. VAN MIERLO, NERG.
Tel. 070 - 264221.


ZODIAC. EEN EUROCOM NETWERK.

ir. P. van der Vlist
Directie Materieel Koninklijke Landmacht

Zodiac, a Eurocom network. In the near future the Royal Netherlands Army will field its ZODIAC automatic digital communication system. This ZODIAC system is based on Eurocom parameters. This article describes the main characteristics of a Eurocom system and highlights some specifics of the Dutch ZODIAC network.

INLEIDING

In de telecommunicatiewereld is een algemene trend naar digitalisering. Door diverse fabrikanten zijn ontwikkelingsprogramma's opgezet op weg naar een ISDN (Integrated Services Digital Network). In de militaire wereld speelt dit nog sterker. Behalve de technologische voordelen die in de civiele wereld spelen, geldt hier als extra argument, dat alleen een volledig digitaal systeem afdoende te beveiligen is.

In het begin van de 70-er jaren begonnen de diverse NAVO landen plannen te maken voor een geïntegreerd automatisch verbindingssysteem voor de landmacht te velde. Tijdig werd onderkend dat deze ontwikkeling de samenwerkingsmogelijkheden van de diverse NAVO legerkorpsen zou schaden indien daar niet een gezamenlijke systeemconceptie aan ten grondslag zou liggen.

Omdat de standaardisatie binnen het ambtelijk apparaat van de NAVO stagneerde, besloten de Europese defensieministers, die tezamen de Eurogroep vormen, tot het opzetten van een ad-hoc overlegorgaan dat tot taak kreeg de architectuur en de samenwerkingsparameters vast te leggen voor deze "tactical area digital networks". Dit overlegorgaan, waaraan overheid èn industrie uit de diverse Europese NAVO landen deelnamen, kreeg de naam Eurocom (-com voor communicatie).

Eurocom heeft kans gezien om in hoog tempo de systeemdefinitie op papier te krijgen (lit.1) en is tevens trendsetter geworden voor de inmiddels vastgelegde NAVO interoperabiliteitsparameters (lit.2).

In het hiernavolgende zal globaal worden beschreven de algemene structuur van een Eurocom systeem zoals thans vastgelegd, enkele specifieke aspecten van het nederlandse Eurocom systeem ZODIAC en een korte vooruitblik naar verdere ontwikkelingen.

BESCHRIJVING VAN EEN EUROCOM NETWERK

Rastervormig netwerk

Een Eurocom netwerk is een volledig digitaal rastervormig stelsel, bestaande uit een aantal mobiele schakelcentrales (circuitswitches) in zgn. knooppunten (nodes) die onderling met straalzenders zijn doorverbonden. Een netwerk van centrales bedekt het operatiegebied van een legerkorps. De verbindingscentra van de diverse staven en eenheden koppelen op dit netwerk via straalzender of kabel met abonneecentrales of abonneemultiplexgroepen.

Een Eurocom stelsel is mobiel, in de zin van verplaatsbaar. Er wordt gewerkt vanuit voertuigen in stilstand.

Gateways

In de Eurocom gedachte ontplooit en beheert elk van de legerkorpsen zijn eigen netwerk. De netwerken van twee flankerend optredende legerkorpsen worden gekoppeld via een "gateway". De gateway is zo gedefinieerd, dat twee netwerken zonder speciale interface-voorzieningen direct (via straalzender) kunnen koppelen.

Netwerkbeheer, abonneeboekhouding, routering e.d. binnen elk van de netwerken is een nationale verantwoordelijkheid. Voor internationale verbindingen over een "gateway" zijn de parameters echter eenduidig vastgelegd.

Het is ook denkbaar dat eenheden van het ene legerkorps onder bevel van een ander legerkorps opereren. In dat geval wordt de koppeling tussen de netwerken geen "gateway" tussen twee elkaars gelijken, maar een "international access link", waarbij de eenheid onder bevel, de "gast" (guest), toegang krijgt tot het netwerk van de "gastheer" (host). Ook deze situatie is uitvoerig vastgelegd in de Eurocom documenten.

Nummerschema

Het nummerschema is 13 cijferig; een 6 cijferig kengetal gevolgd door een 7 cijferig abonneenummer.

9 Y X N Y X - X X X X X X X

6 cijferig kengetal   7 cijferig abonneenummer

Fig 1: Nummerschema

Binnen een netwerk wordt alleen op het 7 cijferige abonneenummer gerouteerd. Voor internationale verbindingen is het 6 cijferige kengetal nodig.

Het 7 cijferig abonneenummer is niet geografisch-, maar is functioneel gebonden. Als een abonnee verplaatst, dan behoudt hij zijn abonneenummer. Het abonneenummer kan daardoor geen routeringsinformatie bevatten en elk netwerk moet de lokaties van zijn abonnees bijhouden (bv met saturation search technieken). Ieder netwerk zal zich daardoor naar zijn abonnees toe gedragen als één verdeelde telefooncentrale.

Bij de opbouw van het 7 cijferig abonneenummer is gekozen voor een afleidbaar systeem. Iemands functie bepaalt zijn nummer. Een telefoongids is niet nodig en alle telefoongesprekken binnen de NAVO vereisen slecht een afleidmatrix ter grootte van een visitekaartje. Dit afleidbare nummersysteem is beschreven in STANAG 5046 (STANAG = Standard Nato Agreement) (lit.3).

Het 6 cijferig kengetal, de NIAC, is eveneens afleidbaar. De eerste 3 cijfers beginnen altijd met een 9 en geven de nationaliteit van de gewenste abonnee aan (Nationality Indicator NI); de tweede drie cijfers geven het legerkorps-netwerk waar deze abonnee bereikbaar is (Area Code AC); de YX hiervan is de nationaliteit van het netwerk en de N maakt onderscheid tussen de diverse legerkorpsen van dezelfde nationaliteit. Binnen een netwerk wordt gerouteerd op de eerste 3 cijfers. Is YX van de nationality indicator gelijk aan YX van de area code, dan betreft het een eigen abonnee van het netwerk; zijn ze ongelijk, dan betreft het een gastabonnee onder bevel.

Het afleidschema voor het kengetal (NIAC) is beschreven in draft-STANAG 4214 (lit.2).

Deltamodulatie

Analoge signalen, zoals spraak, worden gedigitaliseerd met Deltamodulatie op 16 kbit/s. Er is gekozen voor deltamodulatie omdat dit redelijk foutbestendig is - alle bits zijn gelijkwaardig en 10% fouten levert nog verstaanbare spraak op - èn omdat de kwaliteit van

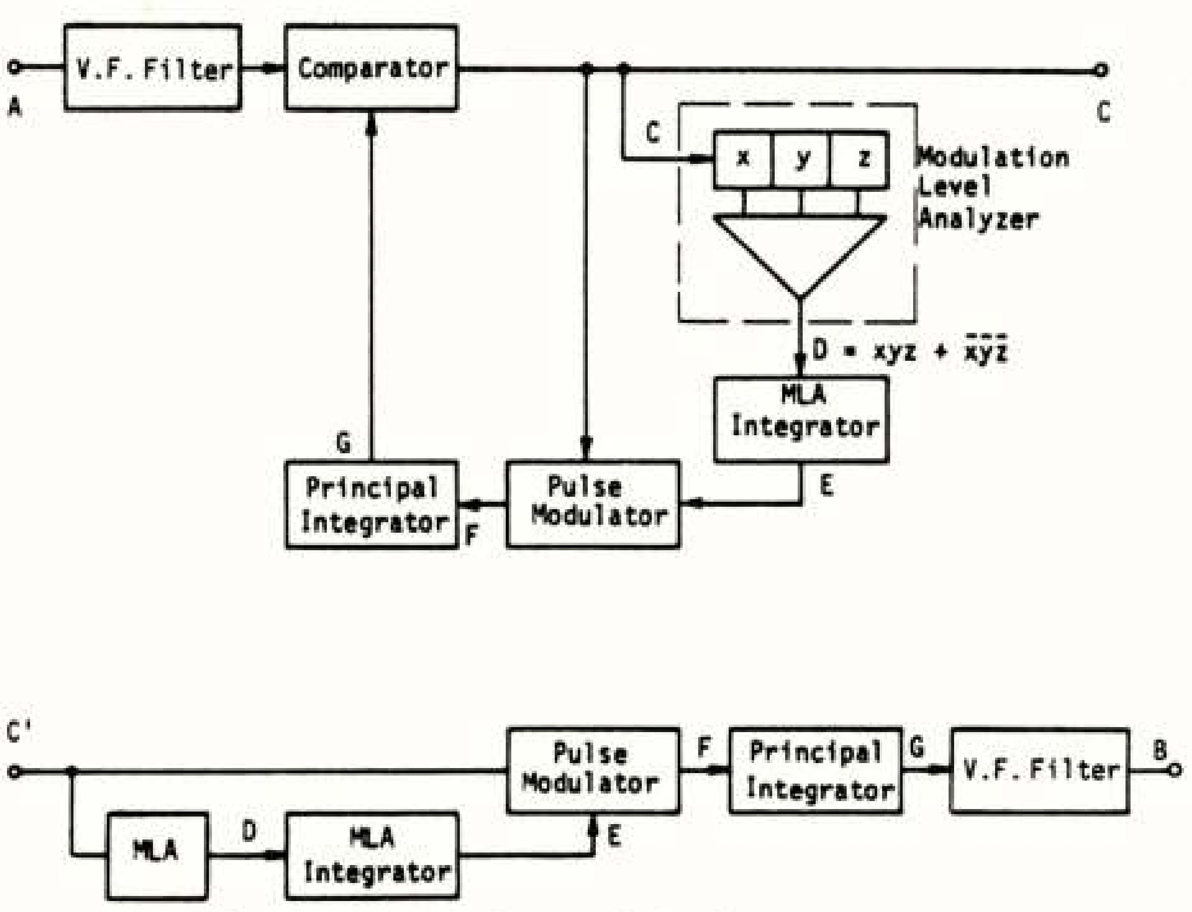


Fig 2: DCDM deltamodulatie

deltamodulatie bij lage bitrates superieur is aan PCM. Het gekozen deltamodulatieprincipe staat bekend als Digital Controlled Delta Modulation (DCDM) of Continuous Variable Slope Deltamodulation (CVSD). Compandering vindt plaats door de stapgrootte te regelen met een 3-bits register (lit.4 en 5).

Multiplexstructuur

Multiplexgroepen tussen multiplexers en centrales en tussen centrales onderling bevatten 16, 32 of 64 kanalen (tijdsloten). Bij een kanaalsnelheid van 16 kbit/s wordt de groepbitrate voor groepen van 16, 32 en 64 kanalen resp. 256, 512 en 1024 kbit/s.

Door de gelijkwaardigheid van de bits bij deltamodulatie kon gekozen worden voor een eenvoudige bit-by-bit time division multiplexstructuur (fig 3).

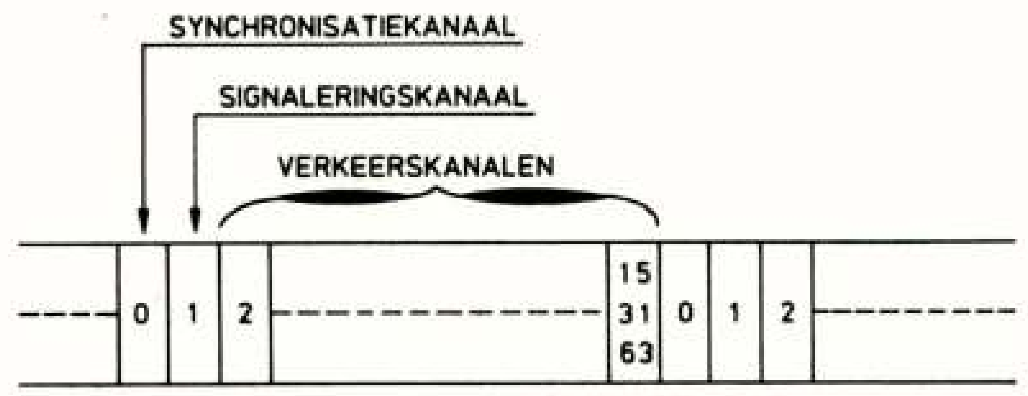


Fig 3: Multiplexstructuur

Tijdslot 0 is gereserveerd voor een permanent 15 bits frame-synchronisatie patroon. Synchronisatie is hiermee ook onder hoge bit-errorrates mogelijk en hersynchronisatie kan in beide richtingen onafhankelijk plaatsvinden. Tussen centrales bevat tijdslot 1 het common-channel signaleringskanaal. De common-channel signaleringsoverdracht vindt plaats onder een ARQ protocol met vaste block-step-back, gebaseerd op een (31,21)BCH code. De effectieve throughput van het signaleringskanaal is daardoor max 8 kbit/s.

Netwerk-synchronisatie

Om het netwerk storingsongevoelig te maken is gekozen voor plesiochrone netwerk-synchronisatie. Elk van de centrales (knooppunten) is autonoom en heeft een eigen hoog stabiele atoomklok als referentie voor de uitgaande bitstromen. Klokverschillen tussen de centrales worden op de binnenkomende bitstromen opgevangen door een ademend buffer. Dit buffer is zo groot gekozen, dat shortterm jitter en longterm drift gedurende tenminste 24 uur worden opgevangen en bitcount-integrity gegarandeerd blijft.

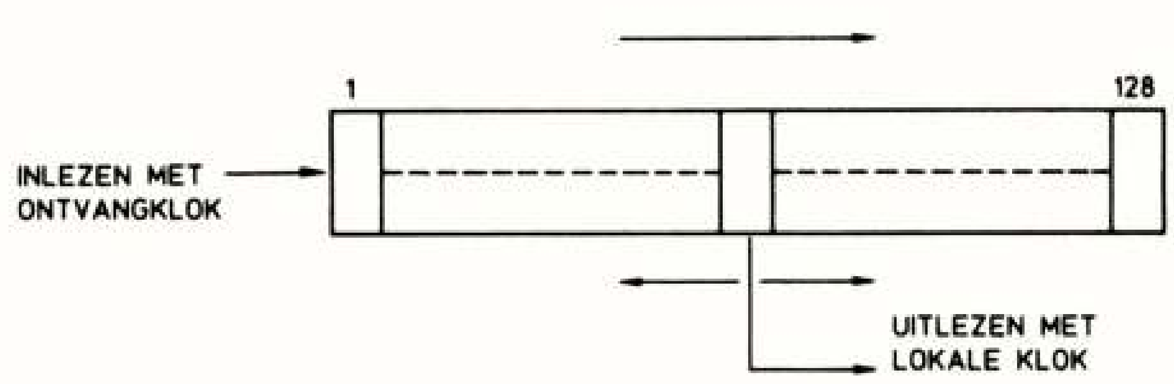


Fig. 4: Ademend Buffer

Signalering

Trunksignalering tussen de centrales vindt, zoals reeds genoemd, plaats op common-channel basis in een vast tijdslot in de multiplexgroep.

Lussignalering op de digitale abonneekanalen vindt in-band plaats met 8 bits cyclisch permuteerbare codewoorden (CPC). Deze signalering is gedwongen (compelled), dwz dat een codewoord wordt herhaald, totdat de tegenpost om het volgende codewoord vraagt. Daardoor is het systeem bijzonder foutbestendig en bovendien worden de real-time eisen aan de signaleringsontvangers minder stringent.

Soorten verbindingen

Het systeem kent normale gekozen verbindingen, waarbij de verbinding naar de opgeroepene wordt opgebouwd op grond van kiesinformatie die door de oproepende abonnee wordt gegenereerd of op kiesinformatie die was voorgeprogrammeerd (hotline), en het systeem kent zgn sole-user verbindingen waarbij het bedienend personeel de eindpunten definieert.

Zo'n sole-user verbinding wordt automatisch hergerouteerd bij storing en kan 16, 32, 48 of 64 kbit/s zijn (multirate switching).

Door deze multirate sole-user capability kan het netwerk van circuitswitches dienen als drager voor overlaystructuren, zoals een message-switching telegrafienet of een packet-switching datanet.

Circuit switched transmissie

Het netwerk schakelt kiesverbindingen van abonnee naar abonnee van 16 kbit/s. Deze verbindingen zijn behalve voor spraak (deltamodulatie) ook bruikbaar voor andere soorten digitaal verkeer (telegafie, facsimile, data). Deze andere soorten digitaal verkeer worden zonder tussenkomst van een modem ingepast in de 16 kbit/s bitstroom. Deze "inpassingsmethoden" zijn als volgt geclassificeerd:

Klasse 1: 16 kbit/s synchrone data signalen die direct de 16 kbit/s bitstroom gebruiken.

Klasse 2: meervoudige bemonstering van asynchrone datasignalen tot 2400bd.

Klasse 3: meervoudige bemonstering van synchrone datasignalen van 2400 bit/s.

Klasse 4: forward errorcorrectie met een (31,21)BCH blokcode voor datasignalen van 2400, 4800 en 9600 bit/s (lit.6).

Gekozen verbindingen die in spraak zijn opgebouwd kunnen overgaan naar datatransmissie of omgekeerd en het is ook mogelijk om direct een verbinding op te bouwen voor datatransmissie zonder voorafgaande spraak. Met twee cijfers (mode-digits) worden in de signalering de karakteristieken van het verkeer en de transmissieklasse aangegeven.

Gebruikersfaciliteiten

Eurocom definieert een groot aantal moderne gebruikers-faciliteiten. Een deel daarvan is kenmerkend voor het militaire gebruik, zoals: commando-overdracht, voorrang, verkort kiezen binnen een staf, geprogrammeerde nummerkeuze, lijngroepen, in- en uitboeken, etc.

Andere faciliteiten zijn ook bij de nieuwe civiele PTT netwerken bekend, als: doorgeven, doorleiden, blokkering, conferentie, etc.

Vermeldenswaard is de in Eurocom voorgeschreven implementatie van de conferentie. Hier wordt voor de conferentiebrug geen analoge mengtechniek gebruikt, maar het zgn duplex switched broadcast principe. Hierdoor is een volledig digitale conferentie mogelijk waarin ook andere dan spraaksignalen kunnen worden overgedragen.

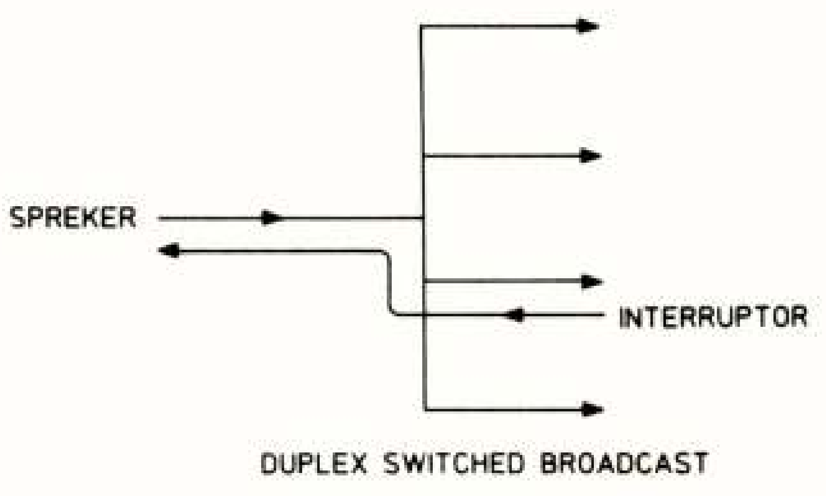


Fig. 5: Conferentie

De conferentiebrug schakelt het signaal van de spreker naar alle luisteraars en schakelt het signaal van de 1e interruptor naar de spreker. Alle toestellen zijn uitgerust met een spreekschakelaar, die met digitale in-band signalering de conferentiebrug bestuurt.

ZODIAC

ZODIAC is de naam van het Eurocom systeem voor het Nederlandse legerkorps. Het transmissie gedeelte met straalzenders en multiplexers en een telegrafie message-switching overlay netwerk zijn reeds operationeel. De automatische digitale centrales (schakelautomaten, lit.7) en nieuwe eindapparatuur zijn in ontwikkeling.

Samenstelling van de verbindingscentra

Alle ZODIAC apparatuur is geïnstalleerd in containers (shelters) op vrachtauto's.

De structuur van een knooppunt is als volgt:

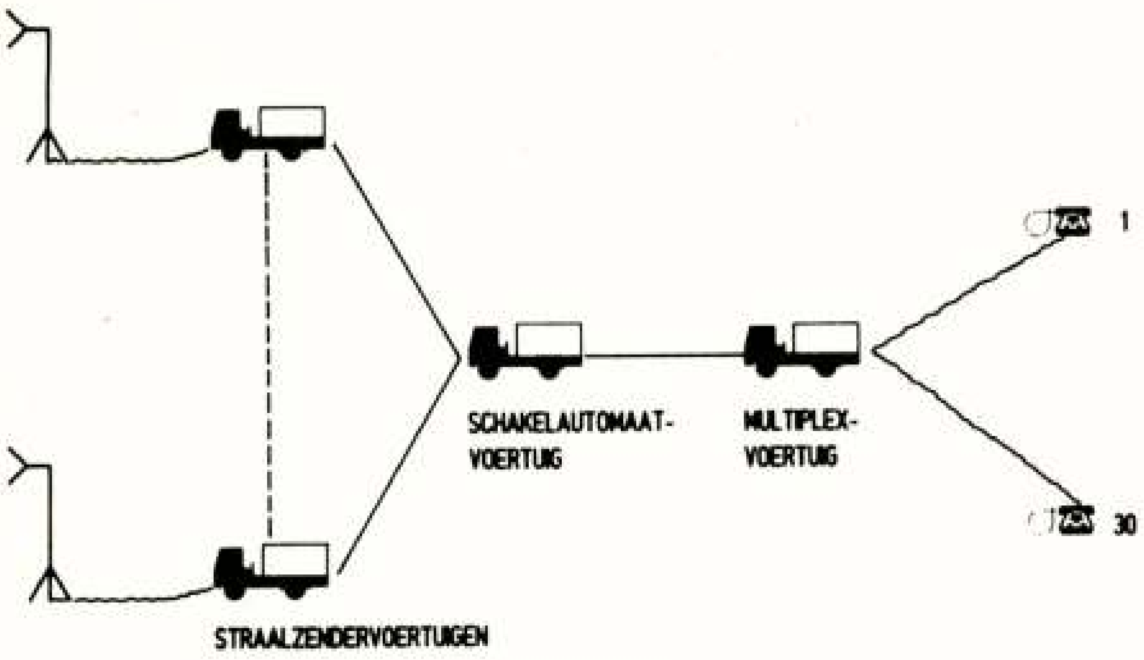


Fig.6: Knooppunt

Het hart wordt gevormd door de schakelautomaat. Hierop zijn aangesloten de quad-kabels met de gemultiplexte 16, 32 of 64 kanalengroepen naar nevenknooppunten of stafverbindingscentra en naar het lokale multiplexvoertuig. Het multiplexvoertuig geeft lokale abonnees toegang tot het systeem.

Een verbindingscentrum van een grote staf heeft de volgende structuur:

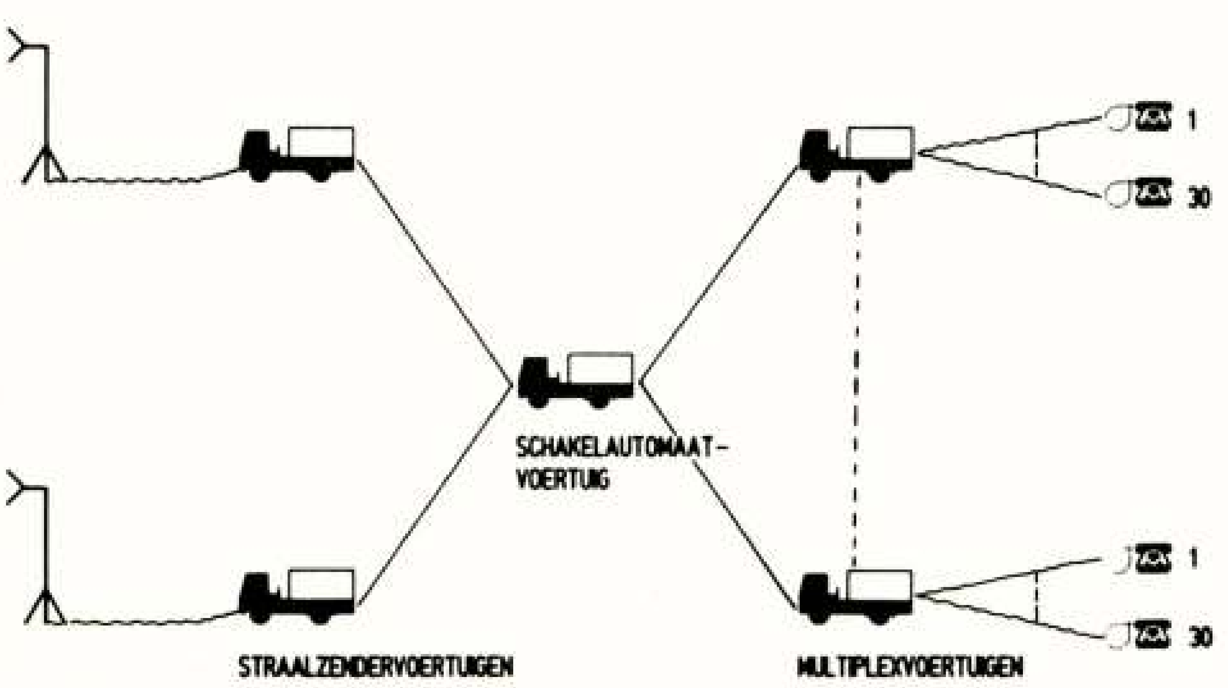


Fig.7: Verbindingscentrum van een grote staf

Ook hier bevindt zich een schakelautomaat, gelijk aan die in het knooppunt. Er zijn echter minder straalzenders aanwezig dan in een knooppunt, maar veel meer lokale abonneeaansluitingen.

En het verbindingscentrum van een kleine staf tenslotte:

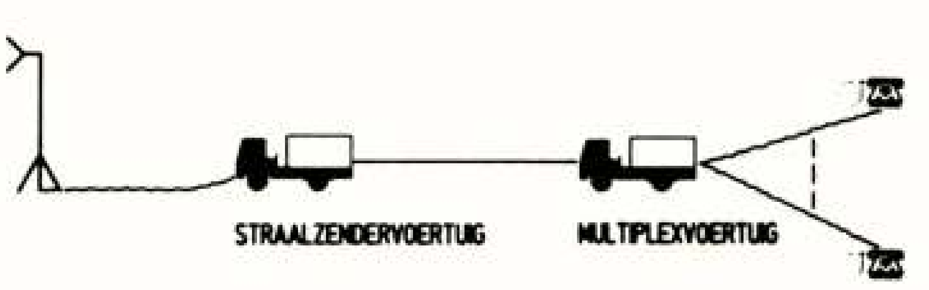


Fig.8: Verbindingscentrum van een kleine staf

De multiplexgroep wordt hier via straalzender direct aangehaakt aan een knooppunt en de abonnees worden abonnee van de schakelautomaat in het knooppunt.

Interfaces

ZODIAC is weliswaar een volledig digitaal netwerk volgens Eurocom, maar het moet opereren in een omgeving waarin nog veel interfaces en eindapparatuur analoog zijn.

Daarom zijn de multiplexers in ZODIAC niet alleen uitgerust met de standaard Eurocom digitale interfaces maar ook met een aantal analoge interfaces voor bv PTTkoppeling, koppeling op andere analoge stelsels, CB kiesschijf toestellen, LB ringdown toestellen en analoge modemsignalen. De signalering van deze analoge interfaces wordt in de multiplexers omgezet in digitale signalering die in de schakelautomaat gedetecteerdkan worden.

ZODIAC is door de toevoeging van deze analoge interfaces veel universeler geworden dan een zuiver Eurocom systeem.

Bediening

ZODIAC opereert in een steeds veranderende abonnee-omgeving en ook zelf wijzigt het systeem vrijwel continue van configuratie.

Dit zou een grote belasting kunnen betekenen voor het bedienend personeel en voor de abonnees. Ook zijn grote problemen denkbaar met de database integrity van het steeds wijzigende netwerk van met elkaar verbonden schakelautomaatprocessoren.

Daarom is gekozen voor een zodanig verdeelde database opzet en voor zodanige search algoritmes dat reconfiguratie van het netwerk vrijwel direct een operationeel werkende situatie oplevert (lit.8).

Ook is de abonneestructuur binnen een staf zo voorgeprogrammeerd dat de bediening voor het schakelautomaat-personeel minimaal is.

In- en uitboeken in het systeem kan door de abonnees zelf worden uitgevoerd. Als een abonnee zijn eindapparatuur aansluit op het systeem dan krijgt hij een indicatie dat hij nog niet is ingeboekt. Nadat hij zijn identiteit via zijn eindapparatuur aan het systeem heeft bekendgesteld is hij automatisch ingeboekt en in principe voor iedereen bereikbaar.

Digitaal abonnee-toestel

In ZODIAC zal een nieuw digitaal abonnee-toestel worden ingevoerd. Dit toestel wordt op 2-draads basis, 16 kbit/s en full duplex op het systeem aangesloten.

Behalve telefonie biedt het de mogelijkheid tot aankoppeling van analoge of digitale randapparatuur en daarmee is het meer een integrated services terminal dan een telefoontoestel.

Verbindingsopbouw vanaf dit toestel kan in spraak of direct in de randapparataat-mode plaatsvinden.

KORTE VOORUITBLIK

Eurocom heeft met zijn systeemdefinitie het gezicht bepaald van de tactische verbindingssystemen die door de diverse NAVO landen in de komende jaren operationeel worden gesteld. De verwachting is dat de Eurocom systemen tot ruim in de jaren 2000 deze rol zullen blijven spelen.

De Eurocom systemen zijn volledig digitaal en bieden circuit-switched faciliteiten voor alle verkeerssoorten.

Daarnaast geeft de multirate switching capaciteit de mogelijkheid tot overlay structuren voor bepaalde verkeersoorten. Diverse landen, w.o. Nederland in ZODIAC, passen dit vanaf de aanvang al toe voor telegrafie message-switching.

Thans is in Eurocom in volle gang de definitie van een packet-switched data overlay. Wegens de zich steeds wijzigende netwerkconfiguratie is gekozen voor een datagram-subnetwerkstructuur per legerkorps. Koppeling tussen de netwerken via de Eurocom gateway zal dan op een van de CCITT-X75 afgeleide wijze geschieden. Een draft-STANAG voor deze koppeling (STANAG 4249) is al gereed (lit.9). Algemene systeem-opzet, nummerstructuur en management zijn zodanig gekozen, dat ze zo dicht mogelijk aansluiten bij de bestaande Eurocom definitie. Uitgerust met deze overlays zal een Eurocom netwerk vrijwel beantwoorden aan het in de inleiding genoemde ISDN waar in de civiele wereld naar wordt gezocht.

LITERATUUR

1. Eurocom D/1, "Tactical Communication Systems, Basic Parameters", September 1982.
2. Draft-STANAG 4206 t/m 4214, "The NATO multi-channel digital gateway", 1983.
3. STANAG 5046, "The NATO military communications directory system", 1978.
4. F. de Jager, "Delta modulation, a method of PCM transmission using the 1-unit code", Philips Res. Dept., pp. 442-466, 1952.
5. J.A. Greefkes en K. Riemens, "Codemodulatie met digitaal geregelde compansie voor transmissie van spraak", Philips Technisch Tijdschrift, pp.349-368, 1970.
6. C. Eberwijn, "Foutprotectie in Eurocom systemen".Tijdschrift van het NERG, deze uitgave.
7. A.J.W. van Daal, "Een digitale schakelautomaat voor militair tactisch gebruik". Tijdschrift van het NERG, deze uitgave.
8. J.F.H. Pacanda, "Aspecten van de ZODIAC database". Tijdschrift van het NERG, deze uitgave.
9. Draft-STANAG 4249, "Standards for gateway, packet-switching", 1983.

januari 1984

Voordracht gehouden tijdens de 320e werkvergadering.

EEN DIGITALE SCHAKELAUTOMAAT VOOR MILITAIR TACTISCH GEBRUIK

ir. A.J.W. van Daal
Hollandse Signaalapparaten B.V.

A DIGITAL CIRCUITSWITCH FOR TACTICAL MILITARY APPLICATIONS. The ZODIAC digital switch is a member of the family of DELTACS switches for military applications. The modular construction in hardware and software allows a wide variety of applications. Major reductions in manually input data have been achieved. The ability to adapt automatically to changing situations guarantees a continuous operation even without the support of centralized system control equipment.

INLEIDING

Het hart van het ZODIAC systeem (lit.1) wordt gevormd door digitale schakelautomaten. Deze schakelautomaten zijn de eersten in een familie van digitale schakelsystemen ten behoeve van militaire communicatienetwerken.

De eisen die aan een schakelsysteem worden gesteld voor militair tactisch gebruik wijken op een aantal belangrijke punten af van die voor civiele systemen.

De technische parameters welke in het ontwerp zijn gerealiseerd zijn gedefinieerd vanuit EUROCOM in het D/1 document (lit.2). Tevens is aan de eisen voldaan, zoals vastgelegd in de betreffende communicatie STANAG's (lit.3).

Voor het gebruik van de schakelautomaat als tactisch mobiel communicatiesysteem zijn de volgende eisen van bijzonder belang :

- korte tijden voor in gebruikstelling en afschakelen
- weinig en niet hooggekwalificeerd bedienend personeel
- automatische aanpassing aan voortdurende wijzigende netwerkstruktuur.
- een gespreide verdeelde database teneinde niet afhankelijk te zijn van een kwetsbare centrale database.

ARCHITECTUUR

De ZODIAC schakelautomaat is zodanig ontworpen, dat toepassing als trunkcentrale en/of abonneecentrale mogelijk is met dezelfde hardware en software. Hiermee is een belangrijk logistiek voordeel verkregen.

Figuur 1 geeft een overzicht van de belangrijkste onderdelen van de ZODIAC schakelautomaat.

De schakelautomaat is onder te verdelen in drie subsystemen:

- het Aansluitsubsysteem.
- het Schakelsubsysteem.
- het Besturingssubsysteem.

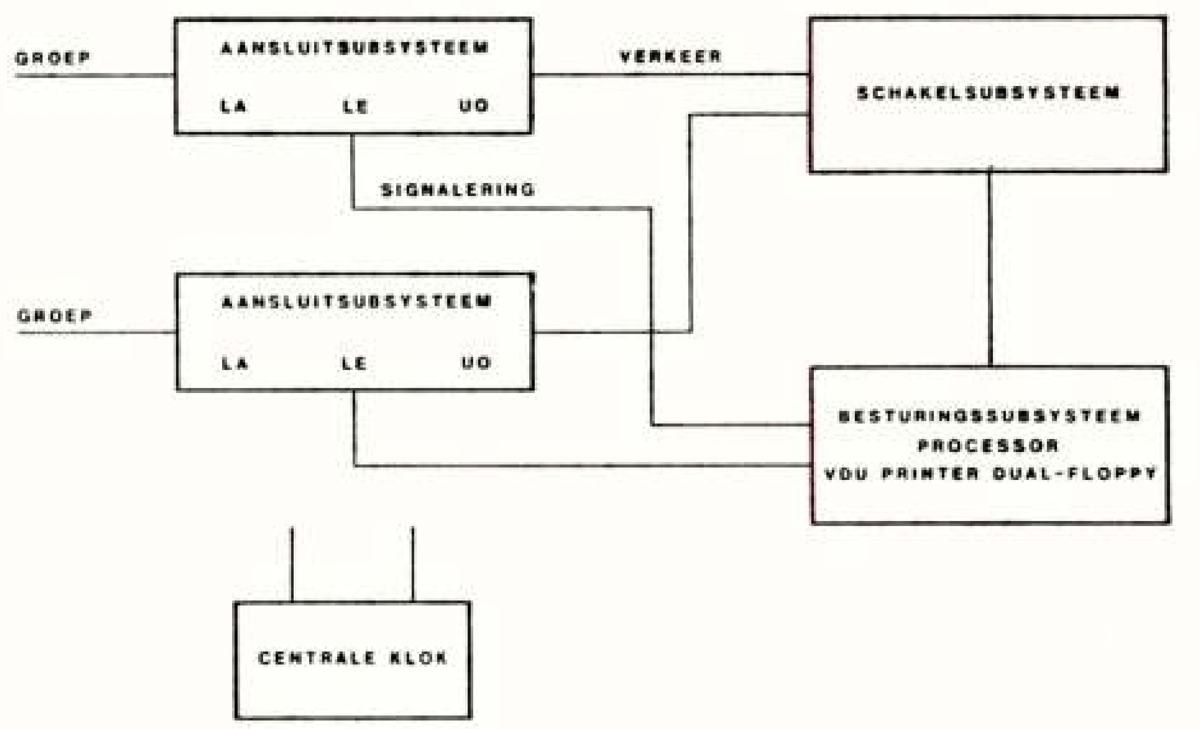


Fig. 1: Blokschema van de Schakelautomaat

Alle signalen afkomstig van abonnees of andere schakelautomaten dienen aan de schakelautomaat in digitaal gemultiplexte groepen van 16, 32 of 64 kanalen te worden aangeboden. De bitrate per kanaal kan 16 of 32 kbit/s bedragen.

HET AANSLUITSUBSYSTEEM

Elk Aansluitsubsysteem bestaat uit een lijnaanpassingseenheid (LA), een beveiligingseenheid (LE) en een universele overdrager (UO).

Een Aansluitsubsysteem verzorgt de koppeling tussen digitale gemultiplexte kanalen (abonnnee- of trunk-) en het Schakelsubsysteem en het Besturingssubsysteem.

Teneinde optimale flexibiliteit bij de inzet te verzekeren, zijn de verschillende elementen in staat om door omschakeling te voldoen aan de eisen van EUROCOM en/of de STANAG's.

De lijnaanpassingseenheid

De lijnaanpassingseenheid kan een multiplex groep met een bitrate van 256, 512 of 1024 kbit/s regenereren. Voor al deze snelheden vindt automatische egalisatie plaats tot een kabellengte van 2,4 km. Door omschakeling is het mogelijk een lijncodering HDB3 of CDS toe te passen. De lijnaanpassingseenheid biedt eveneens toegang tot het fantoom van de aangesloten quadkabel voor gebruik als dienstkanaal.

De Universele Overdrager

De Universele Overdrager verzorgt de koppeling tussen het Schakelsubsysteem, het Besturingssubsysteem en de lijnaanpassingseenheden. De Universele Overdrager is een front-end eenheid, uitgerust met een microprocessor.

Bij het in bedrijfstellen van een Universele Overdrager zullen door software commando's worden aangegeven welke functies door de Universele Overdrager verricht moeten worden gezien het karakter van de aangesloten multiplex bundel.

Signalering. Alle signaleringsprotocollen nodig voor de signalering in de verschillende kanalen worden door de Universele Overdrager ondersteund. De signaleringssystemen welke in het ZODIAC systeem worden gebruikt zijn:

- Common Channel Signalering met een ARQ systeem, te gebruiken tussen verschillende schakelautomaten.
- loopsignalering met cyclisch permuteerbare codewoorden in een gedwongen protocol ten behoeve van de digitale toestellen.
- loopsignalering met een ringdown protocol via een "15 bit patroon" voor een lokaal batterij analoog toestel.
- loopsignalering met een pulsprotocol via een "15 bit patroon" voor een centraal batterij analoog toestel.
- loopsignalering met een E&M pulsprotocol via een "15 bit patroon" voor STANAG 5040 B interface (lit.4).

De verschillende signaleringen worden door de Universele Overdrager in principe vertaald naar een uniform protocol om te worden uitgewisseld met het Besturingssubsysteem.

Ontvangen. Het ontvangen gemultiplexte signaal wordt eerst via een ademende buffer op de frequentie van de schakelautomaat gebracht. Met behulp van een synchronisatieontvanger, die zowel het synchronisatiepatroon volgens EUROCOM als volgens STANAG 4208 kan detecteren, en de ademende buffer zal frame alignment van het ontvangen signaal worden verkregen.

Indien een kanaal in een groep als Common Channel is aangewezen (meestal het tweede kanaal) worden de berichten hierin met een ARQ blokprotocol uitgewisseld. De individuele kanalen worden onderzocht op de aanwezigheid van cyclisch permuteerbare codewoorden welke gebruikt worden voor de in-band signalering.

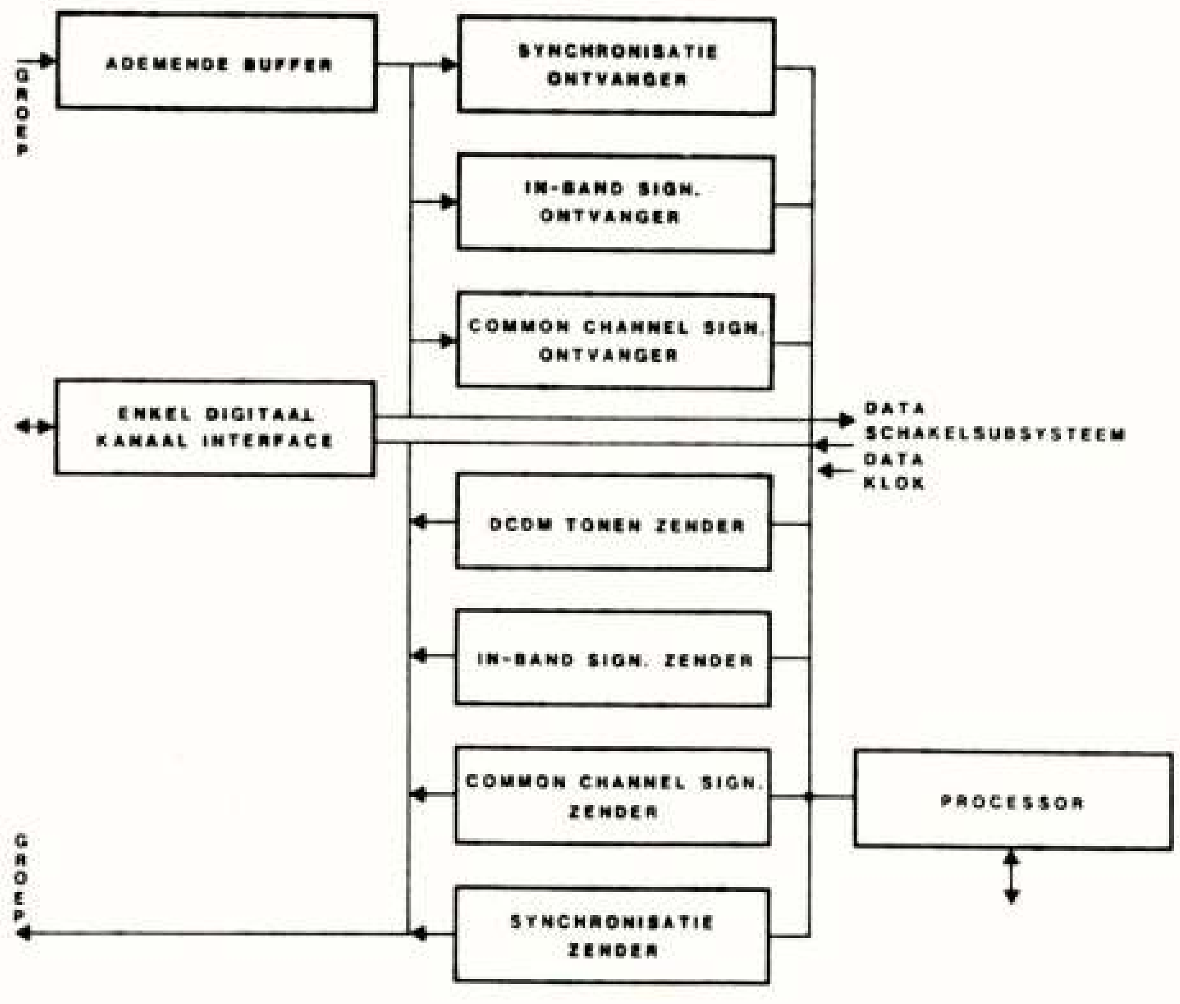


Fig. 2: Blokschema van de Universele Overdrager

Ook zal een detectie plaatsvinden van het "15 bit patroon" waarmee de ringdownsignalering of pulssignalering van analoge toestellen wordt overgedragen.

Bij het aanbieden van het gemultiplexte signaal aan het Schakelsubsysteem is een synchronisatiekanaal niet noodzakelijk. Dit kanaal wordt via een interfaceschakeling ter beschikking gesteld aan een enkel digitaal kanaal.

Zenden. De informatie van een kanaal uit het gemultiplexte signaal komende van het Schakelsubsysteem wordt vervangen door het vereiste synchronisatiepatroon. Deze informatie wordt via de interfaceschakeling aan het enkel digitaal kanaal toegevoerd. Het kanaal volgend op het synchronisatiekanaal wordt, indien noodzakelijk, als commonchannel gebruikt. In-band signalering kan zonodig in de individuele kanalen worden ingevoegd, de gebruikers-informatie wordt dan niet doorgeschakeld.

Teneinde toonsignalen naar de analoge toestellen te kunnen zenden worden de DCDM gecodeerde toonsignalen in een kanaal bijgevoegd.

De overdrager is verbonden met het Schakelsubsysteem via een data-zendlijn, een data-ontvanglijn en een synchronisatielijn vanaf het Schakelsubsysteem. De koppeling tussen een Universele Overdrager en het Besturingssubsysteem wordt gerealiseerd met een fullduplex verbinding waarover een HDLC LAP B protocol wordt gevoerd met een bitrate van 9.6 kbits/sec.

HET SCHAKELSUBSYSTEEM

Het Schakelsubsysteem is een ééntraps volledig tijdschakelend netwerk. Het gekozen ontwerp is zodanig, dat een modulaire structuur is gerealiseerd. De basismodule bestaat uit drie printkaarten: een Matrix Interface kaart, een Matrix Timing kaart en een Switching Unit kaart. Deze module heeft een schakelcapaciteit van 384 kanalen. Maximaal twaalf Universele Overdragers kunnen er op worden aangesloten.

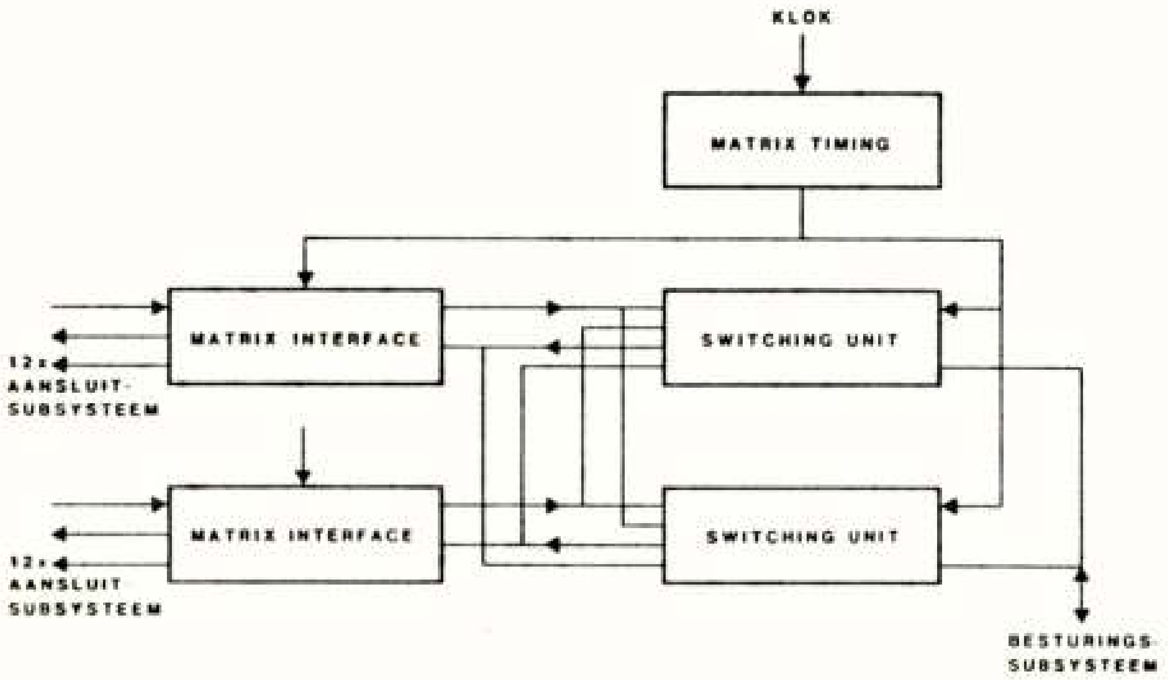


Fig. 3: Blokschema van het Schakelsubsysteem

Uitbreiding kan telkens plaatsvinden met 384 kanalen door toevoegen van een Matrix Interface kaart en een Switching Unit kaart. Uitbreiding is mogelijk tot een maximale capaciteit van 3072 kanalen. De structuur van het Schakelsubsysteem is weergegeven in figuur 3.

Het Schakelsubsysteem kan zowel bitinterleaved gemultiplexte signalen als PCM multiplexstructuren (CEPT en T1) schakelen.

Evenals bij de koppeling van de Universele Overdrager met het Besturingssubsysteem vindt de informatieuitwisseling tussen Schakelsubsysteem en Besturingssubsysteem plaats over een verbinding met een HDLC LAP B protocol.

Het Schakelsubsysteem in ZODIAC bestaat uit een basismodule plus een uitbreidingsmodule.

HET BESTURINGSSUBSYSTEEM

Het Besturingssubsysteem is verantwoordelijk voor de correcte samenwerking van alle elementen binnen de schakelautomaat en tezamen met de verschillende schakelautomaten voor het totale communicatie-netwerk. Het Besturingssubsysteem, zoals weergegeven in figuur 5, is opgebouwd rond een microprocessorkaart, die is uitgerust met een MC 68000 microprocessor, werkend met een kloksnelheid van 8 MHz.

Het geheugen, nodig voor opslag van de programmatuur, instructies plus data, is uitgevoerd als RAM-geheugen en ondergebracht op vier printkaarten met elk een 256 kbyte capaciteit. De programmatuur wordt geladen van een floppydisk achtergrondgeheugen. Ook de data nodig in een specifieke configuratie wordt vanaf het achtergrondgeheugen ingelezen (lit.5). Om snel herstarten mogelijk te maken worden alle specifieke gegevens voor de betreffende schakelautomaat van een permanente geheugenschijf door de bedienaar op de tijdelijke geheugenschijf geschreven en indien nodig van deze laatste teruggelezen.

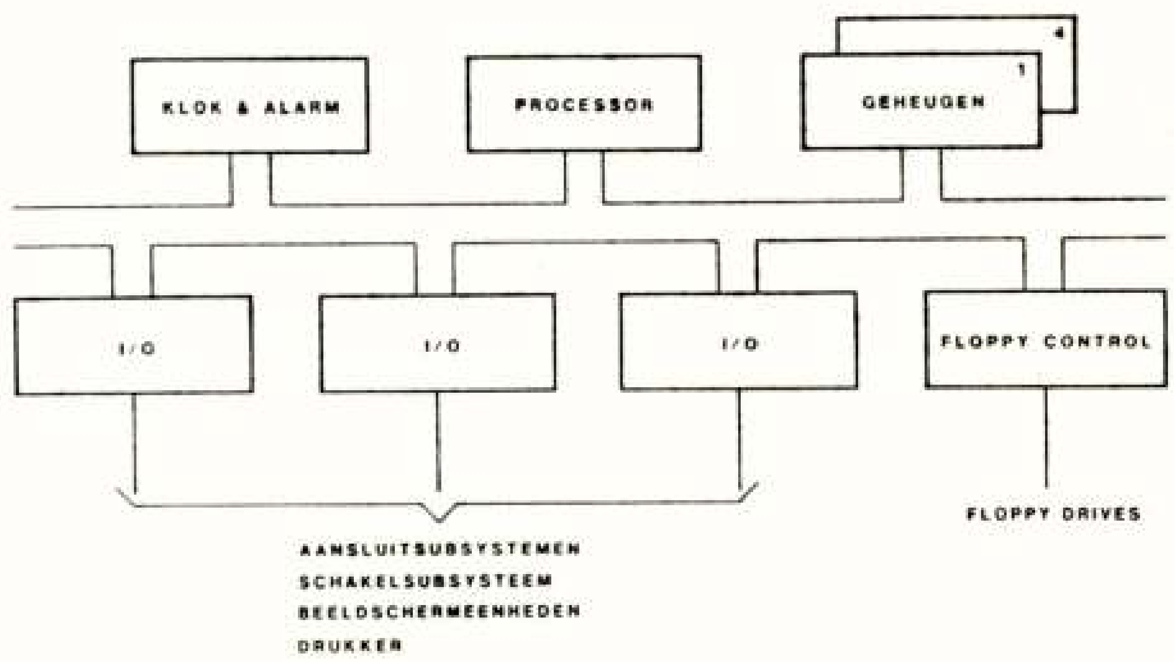


Fig. 4: Blokschema van het Besturingssubsysteem

Elke I/O kaart heeft een capaciteit van 6 kanalen en is uitgerust met een microprocessor Verschillende transmissie protocollen kunnen worden ingesteld.

De beeldschermeenheden en de printer gebruiken een standaard start-stop protocol op karakterbasis voor de informatieuitwisseling. Zoals al beschreven, wordt op de verbindingen naar de 16 Universele Overdragers en de 2 lijnen voor het Schakelsubsysteem een HDLC protocol met een bitrate van 9.6 kbit/s toegepast.

Ter besturing van de datauitwisseling met de floppy disk eenheid is een speciale I/O kaart aanwezig. Een DMA (direct memory access) mogelijkheid tussen disk drive en geheugen is aanwezig.

De klok- en alarmkaart bewaakt het Besturingssubsysteem en zal indien nodig een alarmmelding afgeven. De gegenereerde kloksignalen worden toegevoerd aan de verschillende subeenheden.

In het Besturingssubsysteem zijn twee beeldschermeenheden voorzien, waarvan er een kan worden gebruikt voor het aanbrengen van veranderingen in de database; met de tweede beeldschermeenheid zal het functioneren van de schakelautomaat worden bewaakt.

Beide beeldschermeenheden hebben een beschermd gebied waarin gedetailleerde alarm-informatie kan worden geschreven.

SOFTWARE

Omdat de microprocessor van het Besturingssubsysteem gecompliceerde real-time taken moet uitvoeren is de juiste werking van de schakelautomaat en het totale netwerk afhankelijk van de mate van volmaaktheid van de programmatuur. Teneinde een kwalitatief hoogstaand en onderhoudbaar produkt te realiseren is gekozen voor een gestructureerde top-down benadering voor de ontwikkeling van de programmatuur (lit. 6). Dit is weergegeven in figuur 5. Als hogere ordetaal is gekozen voor Pascal (ISO dp 7185, second draft)(lit.7).

heeft met een andere klasse. Elke klasse is opgedeeld in subprogramma's, klasse "procedures and functions" en klasse data. Klasse "procedures and functions" zullen alleen worden aangeroepen door subprogramma's in dezelfde klasse. Elk subprogramma bestaat uit modulen, subprogramma "procedures and functions" en subprogramma data. Elke module mag elke service "procedure and function" in de Operating System aanroepen. Een module bestaat uit een of meerdere segmenten. Een segment is het laagste niveau dat kan worden gecompileerd en bestaat uit 25 tot maximaal 100 hogere orde statements.

De uitwisseling van informatie tussen de verschillende klassen vindt plaats door middel van berichten. De informatieuitwisseling tussen subprogramma's binnen een klasse vindt eveneens plaats met berichten.

De programmatuur voor het Besturingssubsysteem is

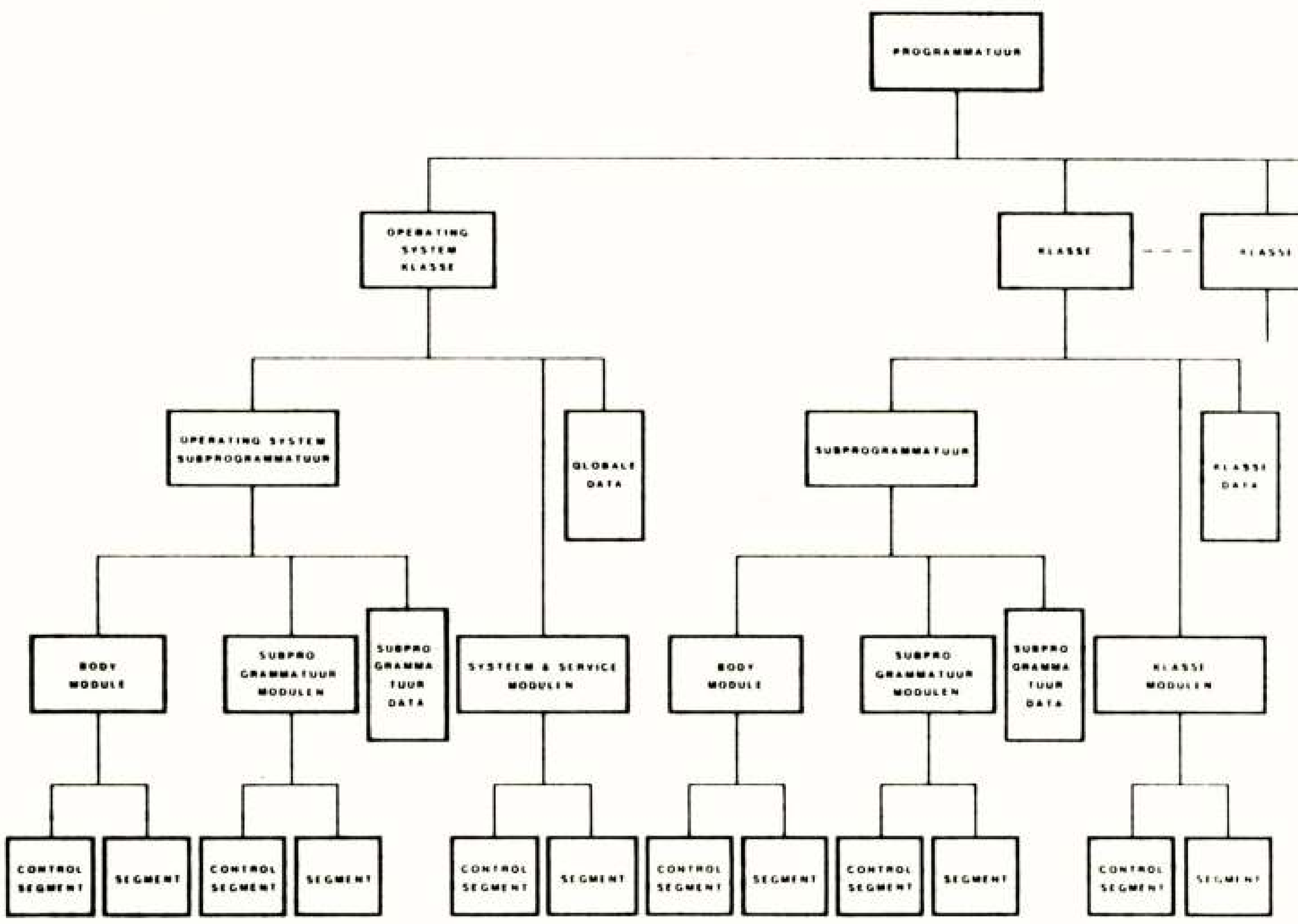


Fig. 5: Hierarchische structuur van de Software

Tijdens de ontwikkeling is gebruik gemaakt van softwareontwikkelprogrammatuur. Hiermee was een bewaking mogelijk op de aanvang en de beëindiging van de verschillende fasen in de ontwikkeling. De te onderscheiden fasen zijn: functionele specificatie en architectuur analyse, hoog niveau ontwerp, gedetaileerd ontwerp, codering, unit testen, hardware-software integratietest, systeemintegratie-test, acceptatietest.

De programmatuur is onderverdeeld in een Operating System en een aantal klassen. De kenmerkende eigenschap van een klasse is dat deze geen data gemeenschappelijk

naast het Operating System onderverdeeld in 9 klassen. Ongeveer 40% van de totale programmatuur bestaat uit data.

Tijdens de ontwikkeling is speciale aandacht gegeven aan de administratieklasse welke ook de mens-machine communicatie bevat. De mens-machine communicatie vindt plaats via de beeldscherm-toetsenbord combinatie. Met behulp van een menustructuur, welke in een geleide of ongeleide vorm kan worden gebruikt, zal de informatie uitwisseling tussen bedienaar en systeem zelfs onder stress

omstandigheden optimaal plaatsvinden.

De programmatuur voor de Universele Overdrager is niet geschreven in een hogere orde taal maar in assembler, om redenen van stringente real-time eisen en de beperkte geheugen omvang (32 kbytes). Een tabel besturingsstructuur is toegepast voor de programmatuur. Hierdoor is het mogelijk om later op eenvoudige wijze signaleringsprotocollen te wijzigen of toe te voegen.

FACILITEITEN

De verschillende gebruiker- en netwerkfaciliteiten die in EUROCOM en de betrefffende STANAGS zijn gedefinieerd, worden in de ZODIAC schakelautomaat gerealiseerd. De meeste faciliteiten zijn verwezenlijkt met behulp van de programmatuur. Veel van deze faciliteiten zijn ook te vinden in Huis- en Bedrijfschakelautomaten.

ROUTERING

Doordat de gebruikers van het ZODIAC netwerk zijn voorzien van een funktioneel nummer (lit. 8) en zich geografisch op een willekeurige plaats binnen het netwerk kunnen bevinden is een lokalisatieprocedure geïntroduceerd om de gewenste verbindingen naar die gebruiker tot stand te kunnen brengen (Lit. 5).

Zoeken van een gebruiker vindt plaats met behulp van de Saturation Search methode. Een bericht wordt van de oproepende schakelautomaat naar alle andere schakelautomaten in het netwerk gezonden. De schakelautomaat waarop de gewenste gebruiker zich heeft ingeboekt zal aan de oproepende schakelautomaat een bericht retourneren. De hiermee ontvangen geografische lokatie van de gezochte gebruiker wordt onthouden in een eindige tabel.

Vervolgens wordt vanuit de oproepende schakelautomaat via de voorkeursrichting of indien noodzakelijk via een alternatieve richting een verbinding voorbereid tot de eerstvolgende schakelautomaat. In deze schakelautomaat zal weer de richting worden bepaald. Dit proces wordt herhaald tot de schakelautomaat van de gewenste gebruiker is bereikt.

De routering bestaat dus uit twee fasen; de lokalisatie van de gewenste gebruiker en een vrije-weg zoekprocedure met alternatieve richtingen.

Indien de lokatie van de gewenste gebruiker reeds in de tabel bekend is, blijft de zoekprocedure achterwege. Voorzorgen zijn getroffen om rondkoppelingen in het opbouwen van verbindingen te vermijden.

VERKEERSCAPACITEIT

De ZODIAC schakelautomaat heeft een capaciteit van 16 groepen waarbij elke groep òf trunk- òf abonnee gericht kan zijn. Het totaal aantal kanalen is maximaal 768. Het totaal aantal calls dat per seconde kan worden verwerkt door de schakelautomaat is, afhankelijk van de belasting veroorzaakt door andere gebeurtenissen, groter dan 2,5.

De database is zodanig ontworpen dat maximaal 5000 gebruikers kunnen worden aangesloten. Het aantal gebruikersprofielen is beperkt tot 2000. Het aantal lijsten ten behoeve van voorgeprogrammeerde omroep, conferentie en lijngroep, met maximaal zeven gebruikers per lijst, is begrensd tot 250. Van tevoren kunnen 128 militaire eenheden worden vastgelegd.

CONSTRUCTIE

Alle apparatuur van de ZODIAC schakelautomaat is geplaatst in een shelter. De shelter is voorzien van een klimaatbeheersingssysteem.

De apparatuur is ondergebracht in 19" laden. Op deze manier is een modulaire en een onderhoudsvriendelijke constructie gerealiseerd. Elke lade heeft een eigen DC/DC omvormer, die primair wordt gevoed met 24 Volt gelijkspanning. De 24 Volt gelijkspanning wordt verkregen vanuit een gelijkrichter met een accu buffer, waardoor uitval van de gelijkrichter voor kortere tijd kan worden overbrugd. De gelijkrichter wordt primair gevoed met 220 Volt wisselspanning.

Figuur 6 geeft een beeld van de 19" lade van een Aansluitsubsysteem. Van links naar rechts zijn te zien de lijnaanpassingseenheid, de beveiligingseenheid en de Universele Overdrager. Op de achterzijde van de lade is de DC/DC omvormer bevestigd.

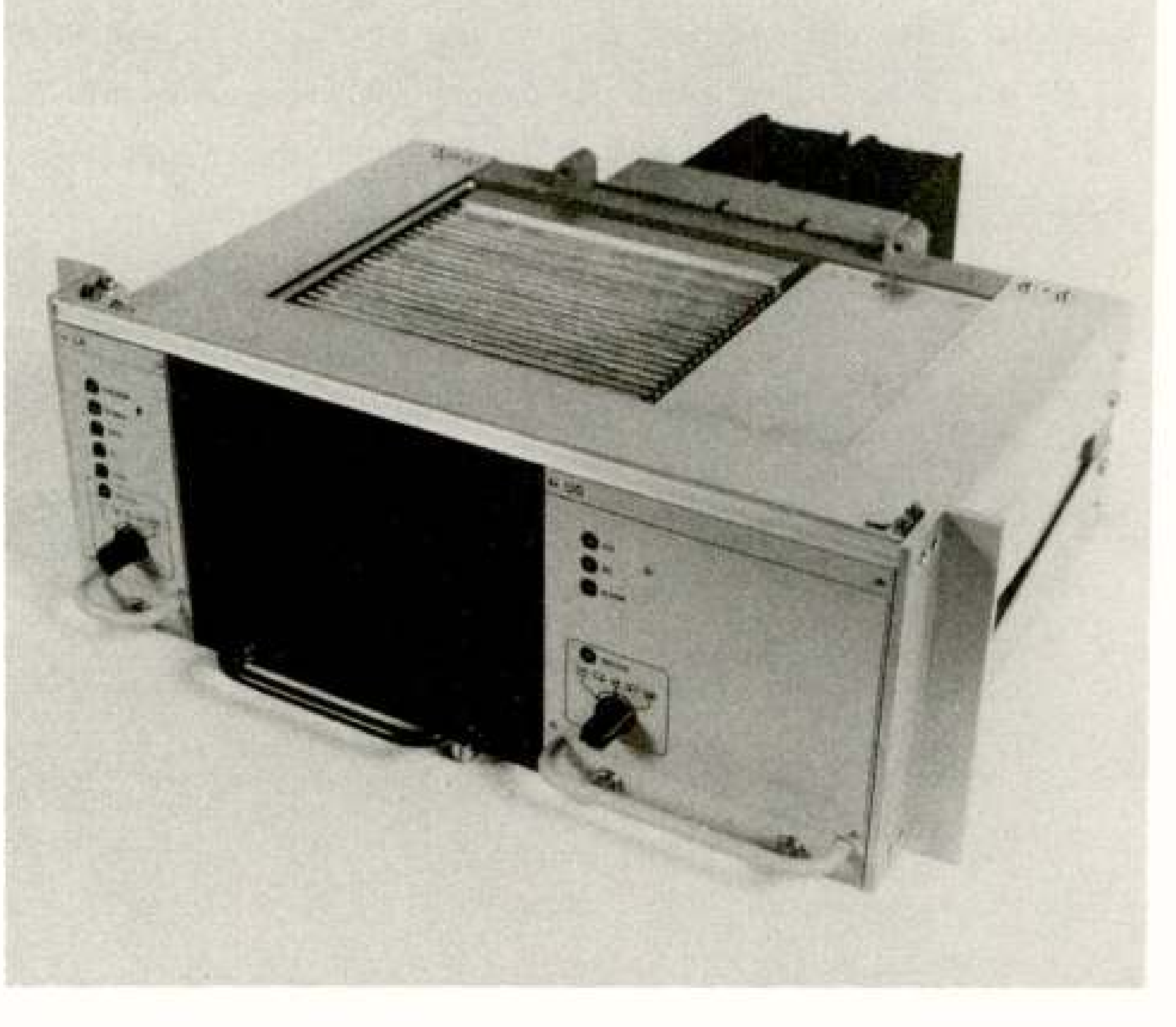


Fig. 6: Lade van het Aansluitsubsysteem

De verschillende eenheden welke in de lade kunnen worden geschoven, zijn volledig afgeschermd teneinde overspraak en electromagnetische interferentie tussen

de verschillende eenheden onderling en met de overige apparatuur tot een aanvaardbaar minimum te beperken.

Om toch koeling mogelijk te maken zijn de wanden van de eenheden dubbelwandig uitgevoerd met een luchtsluis (ten opzichte van elkaar versprongen openingen in binnen en buitenwand).

De constructie is duidelijk te zien in figuur 7 waar een lijnaanpassingseenheid is afgebeeld.

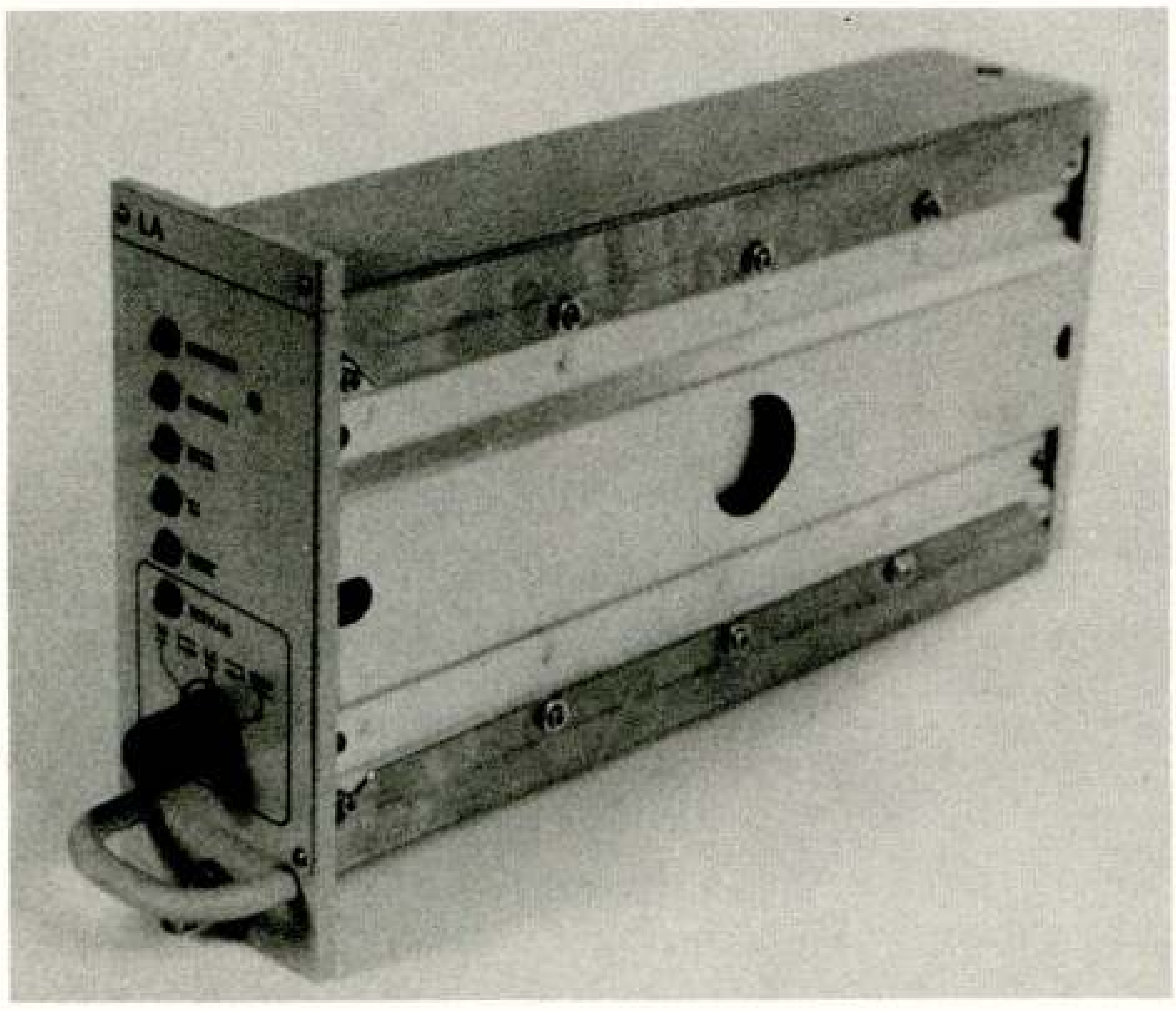


Fig. 7: Lijnaanpassingseenheid.

Het totale Aansluitsubsysteem en de bedienaarposities voor de mens-machine communicatie zijn geplaatst aan één zijde van de shelter. De digitale telefoontoestellen van de bedienaars zijn aangesloten op de enkel digitaal kanaal interface van de Universele Overdrager. Het Schakelsubsysteem en het Besturingssubsysteem zijn aan de andere zijde van de shelter geplaatst. Aan deze zijde bevinden zich eveneens de scheidingstransformator, de gelijkrichters en het bijbehorende distributiesysteem.

De kabelaansluitingen voor bundels en voeding zijn gemonteerd in aansluitpanelen die gelocaliseerd zijn aan beide zijden van de deur. Bij de aansluitstekers zijn beveiligingen aangebracht tegen blikseminslag op de kabels en ander vreemde spanningen. Een beeld van het interieur van de shelter is gegeven in figuur 8.

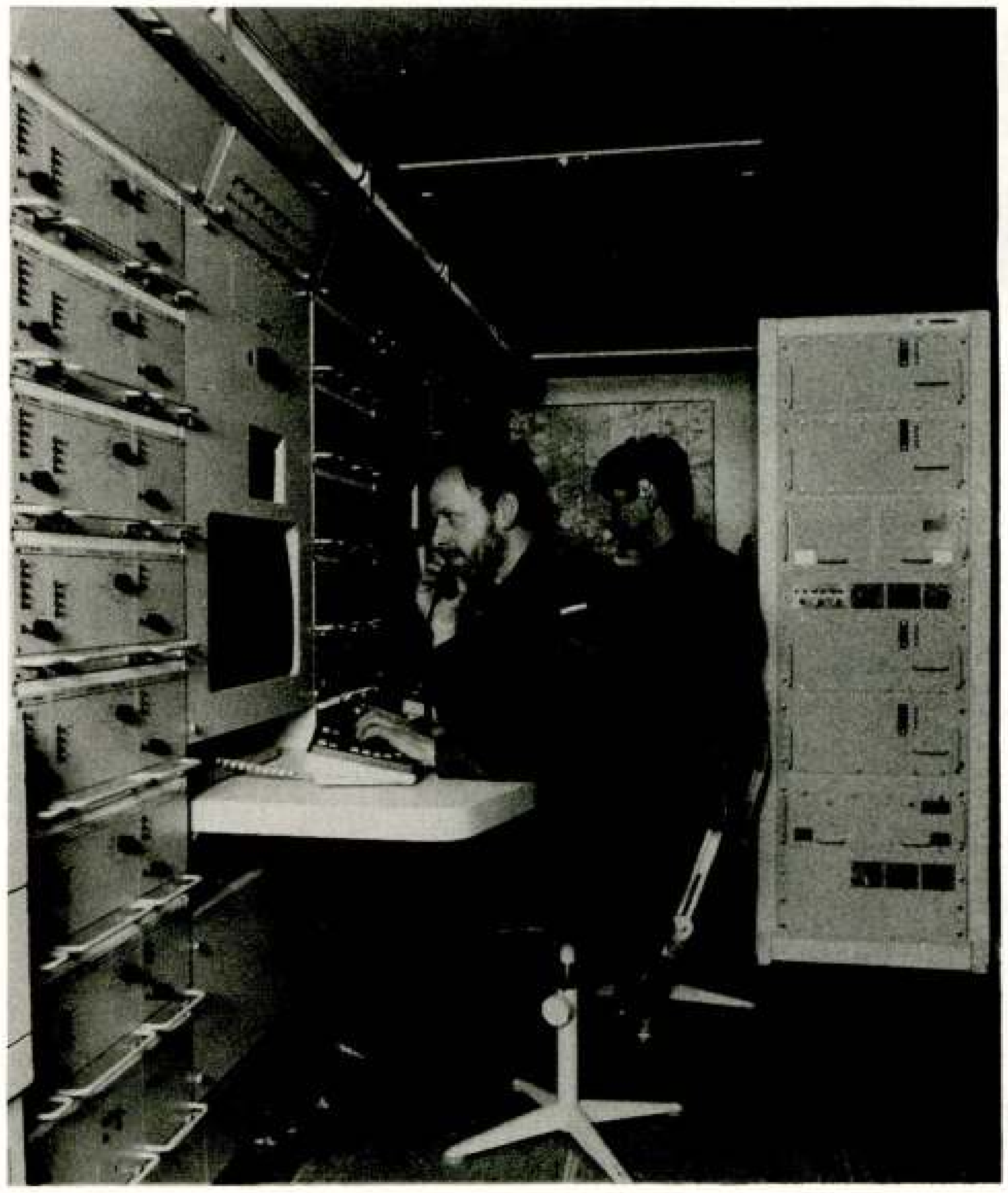


Fig. 8: De ZODIAC Schakelautomaat

DE MULTIPLEXER

Omdat het aansluiten op de schakelautomaat alleen mogelijk is met een gemultiplext signaal worden de gebruikers zich aangesloten via een multiplexer.

Door in de multiplexer verschillende kanaalkaarten aan te brengen kunnen verschillende typen gebruikers worden geaccomodeerd. De verschillende kanaalkaarten zullen de elektrische koppelvlakparameters realiseren die nodig zijn voor de gebruikerssignalering.

De volgende apparaten kunnen worden aangesloten:

- Digitaal apparaat (16 kbit/s) met cyclisch permuteerbare codewoorden voor signalering.
- Locaal Batterij analoog toestel met ringdown signalering
- Centraal Batterij analoog toestel met pulssignalering
- 6 draads STANAG 5040 interface met E&M signalering
- data-apparaat met V.24 - V.11 karakteristieken
- data-apparatuur met Current loop karakteristieken.

Om ook datasignalen met een lagere bitrate dan de lijnsnelheid te kunnen overbrengen, wordt op de kanaalkaarten voor data-apparatuur het "Multiple Sampling Majority Voting" principe toegepast. Deze apparatuur kan met een maximale asynchrone bitrate van 2400 Baud werken.

SAMENVATTING

Met behulp van de ZODIAC schakelautomaat is het mogelijk een volledig automatisch digitaal communicatienetwerk voor militair tactisch gebruik te verwezenlijken. In het schakelsysteem zijn voorzieningen aangebracht die de overlevingskans van de communicatiefaciliteiten verhogen.

LITERATUUR

1. ir. P. van der Vlist "ZODIAC, een EUROCOM netwerk", Tijdschrift van het NERG, deze uitgave
2. EUROCOM D/1 "Tactical Communication Systems, Basic Parameters", September 1982
3. Draft-STANAG 4206 t/m 4214, "The NATO multi-channel digital gateway", 1983
4. STANAG 5040, "NATO Automatic and Semi-automatic Interface Between the National Switched Telecommunications Systems of the Combat Zone and Between These Systems and The NATO Integrated Communications Systems (NICS)", June 1981
5. ir. J.F.H. Pacanda, "Aspecten van de ZODIAC database", Tijdschrift van het NERG, deze uitgave
6. E. Erickson and J. Roder, "A Generic Approach to Software Validation", 1982 Conference Proceedings First Annual Phoenix Conference on Computers And Communications
7. Bruce W. Ravenel, "Towards a Pascal Standard", COMPUTER magazine, April 1979
8. STANAG 5046, "The NATO military communications directory system", 1978

January 1984

Voordracht gehouden tijdens de 320e werkvergadering.

ASPECTEN VAN DE ZODIAC DATABASE

ir. J.F.H. Pacanda
Majoor van de Technische Staf
Directie Materieel Koninklijke Landmacht

Aspects of the ZODIAC database. The ZODIAC database is the tool by which both high system integrity and quick adaptation to changes in the networkconfiguration are achieved. This article gives an overview of the database elements that are related to these aspects. Procedures which are linked to these elements are briefly described.

INLEIDING

ZODIAC (lit. 1) is gebaseerd op een stelsel van onderling verbonden circuitschakelautomaten. Elk van deze schakelautomaten vervult zowel de functie van verkeerscentrale als die van abonneecentrale in een telecommunicatienetwerk. De circuits tussen centrales zijn gebundeld in trunkgroepen. De circuits tussen centrales en abonnee-aansluitpunten zijn gebundeld in abonneegroepen. Schakelautomaten vormen aldus gelijktijdig zowel knooppunten van een maasvormigstelsel van trunkgroepen, als middelpunten van een aantal stervormige stelsels van abonneegroepen. Fig. 1 geeft een voorbeeld van een dergelijke netwerkconfiguratie.

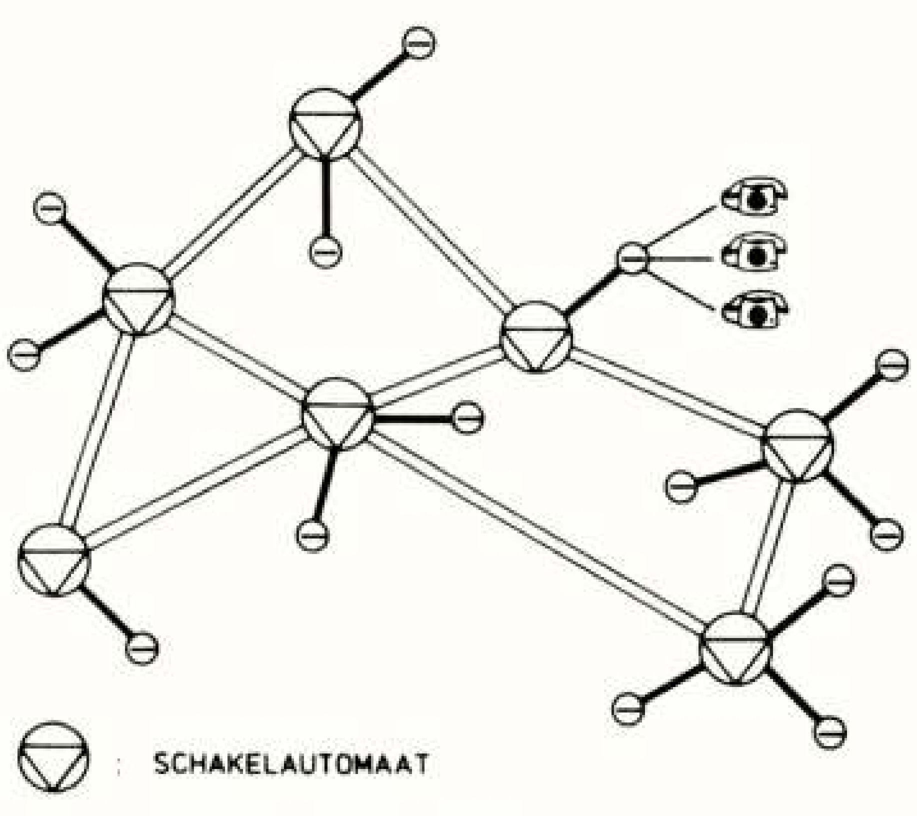


Fig. 1: Voorbeeld van een netwerkconfiguratie.

De gegevens die schakelautomaten onderling moeten uitwisselen om verbindingen tussen abonnees tot stand te kunnen brengen, alsmede om de status van het netwerk te kunnen bijhouden, worden verzonden via het processornet. Dit wordt gevormd door in elke trunkgroep één circuit uit te sluiten van abonneeverkeer. Dit common channel wordt gebruikt voor out-band signalering en voor andere vormen van datacommunicatie tussen schakelautomaten.

ZODIAC abonnees zijn mobiel. Zij veranderen veelvuldig van locatie en sluiten zich telkens aan op de geografisch meest dichtstbij zijnde schakelautomaat. Onafhankelijk van het gekozen aansluitpunt behoudt elke abonnee zijn eigen, functie gebonden abonneenummer. Ook de ZODIAC schakelautomaten (lit. 2) zijn mobiel en worden regelmatig verplaatst. Het gevolg van al deze verplaatsingen is, dat zowel het abonneebestand als de netwerktopologie continue aan wijzigingen onderhevig zijn.

OPZET VAN DE ZODIAC DATABASE

Ondanks het dynamisch wijzigend karakter van ZODIAC dient steeds een actueel en accuraat beeld beschikbaar te zijn van zowel de netwerk- als de abonneeconfiguratie. Dit moet worden verkregen zonder dat daarvoor andere dan slechts initiële menselijke handelingen zijn vereist. Het is daarvoor noodzakelijk om te beschikken over de statische gegevens van abonnees en van schakelautomaten en van beiden voortdurend de actuele toestand van de dynamische gegevens bij te houden. Dit wordt mogelijk gemaakt door de opzet van de ZODIAC database, die bestaat uit een conglomeraat van permanente en tijdelijke gegevensbestanden.

De permanente bestanden zijn opgebouwd volgens de klassieke structuur van files, records en velden. Zij bevatten de initiële kenmerken van alle schakelautomaten, groeptypen en abonnees die potentieel deel van het ZODIAC systeem kunnen uitmaken. Van de permanente bestanden bestaat slechts één versie, waarvan in elke schakelautomaat een identieke copie is opgeslagen in een achtergrond geheugen.

De tijdelijke bestanden bestaan uit tabellen die naar behoefte worden opgebouwd in het werkgeheugen van een actieve schakelautomaat. Zij bevatten de actuele kenmerken van de schakelautomaten, groepen en abonnees, die daadwerkelijk deel uitmaken van het systeem in een gegeven configuratie. Zij bevatten ook gegevens waaruit de meest verkieslijke route kan worden afgeleid voor een circuit dat tussen abonnees moet worden geschakeld en over de actuele status van dergelijke circuits. De tijdelijke bestanden zijn uniek per schakelautomaat en per periode waarin deze actief is. Een actieve schakelautomaat houdt een copie van zijn tijdelijke bestanden bij in het achtergrond geheugen.

PERMANENTE BESTANDEN

De permanente bestanden bestaan uit de NODE file, de GROUP file, de UNIT file, de SUBSCRIBER file, de PROFILE file, de NUMBERSET file en de COMPRESSED LIST file. Een schakelautomaatbedienaar kan geen wijzigingen aanbrengen in deze bestanden. Hij kan deze echter wel gebruiken bij het initialiseren van zijn schakelautomaat, bij het initialiseren van groep-apparatuur en bij het inboeken van abonnees.

De NODE file bevat alle gegevens die noodzakelijk zijn om een schakelautomaat te kunnen initialiseren als een uniek herkenbaar element in het netwerk.

De GROUP file bevat alle detailgegevens die noodzakelijk zijn om groep-apparatuur te kunnen initialiseren voor gebruik als abonneegroep. Zij hebben o.a. betrekking op aantal en soort circuits, framestructuur en dergelijke. Deze technische gegevens zijn binnen de GROUP file per unit gegroepeerd. Een unit is hierbij de identiteit van een tactische eenheid (staf) naar wiens abonnee-aansluitpunt, via de aldus gespecificeerde abonneegroep, circuits kunnen worden geschakeld.

Ook de UNIT file bevat gegevens die per unit zijn gegroepeerd. In dit geval gaat het om de verzameling van abonneenummers die zijn toegekend aan functionarissen van de betreffende tactische eenheid.

De SUBSCRIBER file bestaat uit een verzameling van individuele abonneenummers, die geen van alle permanent zijn toe te wijzen aan een tactische eenheid die in de UNIT file is gedefinieerd.

Bij elk abonneenummer, dat is opgenomen in de UNIT file of in de SUBSCRIBER file, behoort een verwijzing naar een abonneeprofiel. Zo'n profiel specificeert naast de fysieke kenmerken van de abonnee-apparatuur ook de speciale faciliteiten die initieel aan de abonnee zijn toegekend. Meer abonneenummers kunnen verwijzen naar eenzelfde profiel. De verzameling van gedefinieerde profielen is ondergebracht in de PROFILE file.

Tenslotte is er nog een groot aantal verzamelingen van abonneenummers ondergebracht in de NUMBERSET file en de COMPRESSED LIST file. Naar deze verzamelingen wordt verwezen vanuit het abonneeprofiel, indien de abonnee beschikt over de faciliteiten lijngroep, vóóringestelde conferentie, -omroep of gecodeerd kiezen.

Fig. 2 geeft de verwijzingen van en naar de verschillende files weer.

Al deze gegevens vormen een beeld van de aard en de groepering van de elementen waaruit het netwerk kan worden samengesteld. Dit beeld is een afspiegeling van de organisatie waarvoor het netwerk is bedoeld en de gegevens zijn dan ook net zo permanent als de organisatie zelf.

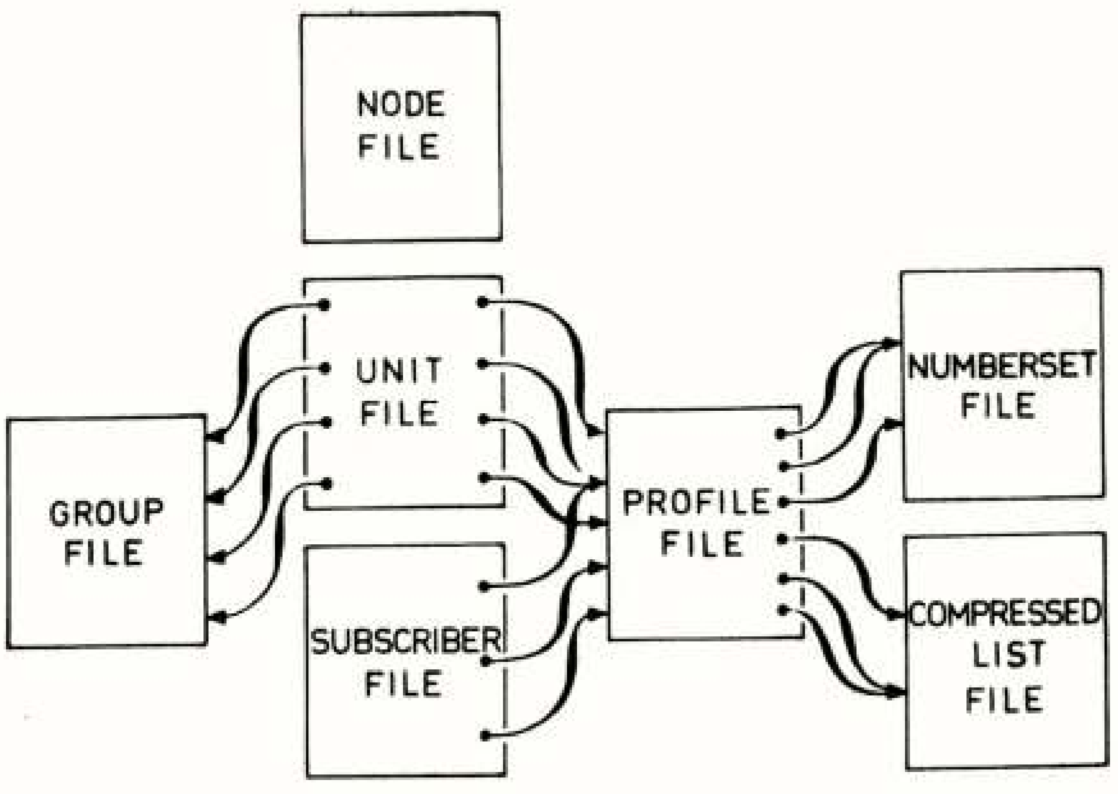


Fig. 2: Relaties tussen permanente bestanden.

TIJDELIJKE BESTANDEN

De tijdelijke bestanden bestaan uit tabellen met gegevens die worden gebruikt voor routeringsfuncties en voor statusbepaling en -bewaking van de schakelautomaat, de abonneecircuits en het netwerk. De initiële vulling van de tabellen wordt verkregen vanuit de permanente bestanden, al dan niet aangevuld met gegevens die door de bedienaar met de hand worden ingevoerd of die worden afgeleid van reeds in andere tijdelijke bestanden aanwezige gegevens. De tabellen worden bijgewerkt door software processen die in de schakelautomaat worden doorlopen. Deze processen worden geactiveerd door acties van abonnees en van schakelautomaatbedienaars, of door een van buiten komende storing die het verkeer tussen schakelautomaten onderling of tussen schakelautomaten en abonnee-aansluitpunten bemoeilijkt of onmogelijk maakt.

In het navolgende zullen alleen de tabellen die een rol spelen bij veranderingen in de abonnee- en de netwerkconfiguratie nader worden beschouwd. Dit zijn de AFFILIATED NETWORK TABLE (ANT), de AFFILIATED SUBSCRIBER TABLE (AST), de EXPECTED SUBSCRIBER TABLE (EST), de SUBSCRIBER LOCATION TABLE (SLT), de ROUTE TABLE (RT), en de CONNECTIVITY MAP TABLE (CMT).

Een ANT wordt uitsluitend aangemaakt in een ZODIAC schakelautomaat waarop circuits zijn aangesloten naar elementen die behoren tot een ander netwerk dan ZODIAC. De overige tabellen worden aangemaakt in elke actieve ZODIAC schakelautomaat.

Affiliated Network Table

De ANT geeft een beeld van het ZODIAC netwerk in relatie tot andere netwerken. Deze tabel (fig. 3) wordt ingevuld als de schakelautomaatbedienaar een groep initialiseert waarin één of meer circuits naar andere netwerken zijn gespecificeerd.

De identiteit van de groep fungeert als index voor de tabel. De ANT bevat als belangrijkste gegeven

voor elk van de gespecificeerde groepen de internationale nummervoorvoegsels (kengetallen) van de netten die via de betreffende groep kunnen worden bereikt.

AFFILIATED NETWORK TABLE

Link	Area code/ Nationality indicator	Direct/Transit Access
3	804	1
14	813	1
	804	Ø
15	916	1

Fig. 3: Voorbeeld van een Affiliated Network Table.

Expected Subscriber Table

De EST geeft een beeld van die abonnees die zich zonder nadere toestemming op de betreffende schakelautomaat kunnen aansluiten. De tabel (fig. 4) wordt ingevuld als de bedienaar een (groep) abonnee(s) aanmerkt als te worden verwacht om in te boeken op zijn automaat.
De betreffende nummers fungeren als index voor de tabel en verdwijnen daaruit zodra de abonnee zich daadwerkelijk inboekt. Als belangrijkste gegeven bevat de EST per abonnee een verwijzing naar diens profiel in de PROFILE file.

EXPECTED SUBSCRIBER TABLE

Subscriber	Profile
2501207	0013
2501593	0044
2501594	0044
2501706	2000
3601631	0361
7703013	1996

Fig. 4: Voorbeeld van een Expected Subscriber Table.

Affiliated Subscriber Table

De AST geeft een beeld van de locale abonnees van een schakelautomaat. De tabel (fig. 5) wordt ingevuld en bijgehouden als gevolg van het inboeken en uitboeken van abonnees.

De AST bevat alle nummers van de abonnees die bij de betreffende schakelautomaat zijn ingeboekt. Deze nummers fungeren als index voor de tabel. Bij het inboeken wordt de relatie gelegd tussen abonneenummer en het fysieke aansluitpunt. Deze relatie, zijnde een verwijzing naar een groep en een specifiek circuit in die groep, is het belangrijkste gegeven in de AST.

AFFILIATED SUBSCRIBER TABLE

Subscriber	Group	Channel
3601631	14	27
3601703	14	3
7703501	12	9

Fig. 5: Voorbeeld van een Affiliated Subscriber Table.

Subscriber Location Table

De SLT bevat de locaties van maximaal 128 relatief meest opgeroepen, niet locale abonneenummers. Zo'n nummer fungeert als index voor de tabel (fig. 6) en is gekoppeld aan de identiteit van de schakelautomaat in wiens AST het betreffende nummer is opgenomen.

De SLT wordt bijgewerkt als een zoekprocedure de locatie van een opgeroepen abonnee heeft opgeleverd. Zo'n zoekprocedure wordt gestart als een opgeroepen abonnee noch in de AST, noch in de SLT van de locale schakelautomaat van de oproepende abonnee voorkomt.

Aan elk nummer dat in de SLT is opgenomen is een teller gekoppeld. Deze geeft een indicatie van de frequentie waarmee het betreffende abonneenummer wordt opgeroepen, ten opzichte van de overige nummers die in de SLT staan. Zodra de SLT volledig is gevuld zal een oproep naar een abonnee wiens nummer nog niet in de SLT voorkomt resulteren in een poging tot het verwijderen van één van de wél opgenomen nummers, om plaats te maken voor het nieuwe nummer. De stand van de teller bepaalt of het bijbehorend abonneenummer uit de SLT wordt verwijderd. Als dit niet mogelijk is, kan de gevonden locatie van de nieuwe abonnee niet in de SLT worden bewaard.

SUBSCRIBER LOCATION TABLE

Subscriber	Terminating Node	Freq. of Use
3501167	15	1
3031007	27	3
7703221	2	Ø
6950177	64	1
4311571	18	2

Fig. 6: Voorbeeld van een Subscriber Location Table

Connectivity Map Table

De CMT geeft in elke schakelautomaat een beeld van de actuele ZODIAC netwerkconfiguratie.

De CMT bevat de identiteit van elke ZODIAC schakelautomaat. Deze dient als index voor de tabel en de betreffende entree geeft aan met welke andere automaten een directe verbinding bestaat.

Bij het in bedrijf stellen en uit bedrijf gaan van een trunkgroep, worden via het processornet berichten verzonden over de nieuwe connectivity. Elke schakelautomaat geeft daarin aan met welke andere schakelautomaat hij een trunkgroep gemeen heeft.

Veranderingen in de connectivity van de locale automaat worden direct verwerkt in de CMT en worden tevens als connectivity bericht over alle in bedrijf zijnde trunkgroepen verzonden. Veranderingen in de connectivity van andere automaten worden in de CMT verwerkt op grond van ontvangen connectivity berichten.

Fig. 11 geeft onder andere een beeld van een CMT.

Route Table

De RT geeft in elke schakelautomaat aan wat, naar elk van de andere schakelautomaten van het ZODIAC netwerk, de meest verkieslijke route is waarlangs een circuit geschakeld kan worden. Onder route wordt in dit verband die trunkgroep begrepen via welke de locale automaat wordt verlaten. Daarnaast kunnen nog maximaal negen alternatieve routes worden aangegeven.

De RT bevat de identiteit van elke ZODIAC schakelautomaat. Deze dient als index voor de tabel en de betreffende entree geeft de primaire en de alternatieve routes. De RT wordt bijgehouden op basis van de connectivity map. De meest verkieslijke route is die welke voert over het kleinste aantal trunkgroepen tussen bron en bestemming. De alternatieven worden bepaald in volgorde van oplopend aantal groepen; bij gelijk aantal wordt een later berekende route geplaatst achter een eerder berekende.

Bij het daadwerkelijk schakelen van de circuits, wordt in elke schakelautomaat die deel uitmaakt van het traject opnieuw de meest verkieslijke route bepaald op basis van diens eigen locale RT. Zo'n spill-forward systeem (lit. 3) past zich automatisch aan bij wijzigingen van de connectivity tijdens het opbouwen van de circuits. Het houdt echter tevens het gevaar in dat eindeloos circuits worden geschakeld zonder ooit de bestemming te bereiken. Om dit te voorkomen stuurt de automaat van oorsprong een indicatie mee betreffende het maximaal toelaatbare aantal trunkgroepen. Door elke automaat op de route wordt dit maximum verlaagd. Als het minimum aantal trunkgroepen dat, vanuit de betreffende automaat gezien, nodig is om de bestemming te bereiken nu groter blijkt te zijn dan het maximaal toelaatbare, dan staakt de betreffende automaat verdere pogingen en zendt een indicatie terug "nummer niet bereikbaar". De automaat van oorsprong zal bij de ontvangst van deze indicatie een nieuwe poging wagen via de eerstvolgende alternatieve route. Is die niet meer beschikbaar dan wordt de oproep naar de oproepende abonnee toe beëindigd met de indicatie: "nummer niet bereikbaar".

Fig. 11 geeft onder andere een beeld van een RT.

ABONNEE-RECONFIGURATIES

De volledige verzameling potentiële ZODIAC abonnees is vastgelegd in de permanente bestanden. De actuele abonneeconfiguratie wordt echter bepaald door de deelverzameling van abonnees die daadwerkelijk zijn ingeboekt bij elk der schakelautomaten.

Per schakelautomaat zijn uitsluitend de gegevens met betrekking tot de abonneeconfiguratie vastgelegd die van locaal belang zijn voor de betreffende automaat. De Expected Subscriber Table geeft aan welke abonnees regulier locaal kunnen inboeken, de Affiliated Subscriber Table geeft aan welke abonnees locaal zijn ingeboekt en de Subscriber Location Table geeft aan welke niet-locale abonnees vanuit deze automaat recentelijk het meest frequent zijn opgeroepen.

Abonnee-reconfiguraties worden effectief doordat abonnees worden in- en uitgeboekt. Bij het inboeken verdwijnt de abonnee uit de locale EST en zijn nummer wordt geplaatst in de locale AST. Abonnees kunnen zich expliciet uitboeken. Daarbij wordt hun nummer verwijderd uit de locale AST. Expliciet uitboeken is echter niet vereist.

Bij het inboeken verzendt de locale automaat via het processornet een inboekbericht naar alle schakelautomaten. Zo'n inboekbericht levert het nummer van de nieuw ingeboekte abonnee. Een schakelautomaat die zo'n bericht ontvangt doorzoekt zijn eigen AST en SLT. Indien de AST het nummer bevat dat in het inboekbericht is vermeld, dan wordt dit uit de AST verwijderd. Indien het nummer niet in de AST voorkomt, dan wordt ook de SLT doorzocht. Bevat deze het betreffende nummer, dan wordt de verwijzing naar de automaat waar de abonnee is ingeboekt bijgewerkt met de nieuwe identiteit uit het inboekbericht.

Er zijn speciale maatregelen genomen om te voorkomen dat op grond van dit mechanisme abonnees uit een AST zouden worden verwijderd, omdat hun nummer ten onrechte elders zou worden ingeboekt. Ook moet worden voorkomen dat abonnees ten onrechte niet uit een AST worden verwijderd, omdat een automaat het betreffende inboekbericht niet ontvangt.

Om een circuit te kunnen schakelen naar een opgeroepen abonnee, dient allereerst diens locatie bekend te zijn. Daartoe moet worden bepaald in welke schakelautomaat de opgeroepen abonnee is opgenomen in de AST.

Als de opgeroepen abonnee niet voorkomt in de AST of in de SLT van de schakelautomaat van de oproepende abonnee, dan wordt met behulp van een "saturation search" proces getracht de bestemmingsautomaat te bepalen. Daartoe verzendt de zoekende automaat een Subscriber Search Message (SSM) via het processornet. Zo'n SSM bevat de identiteit van de zoekende automaat en het nummer van de gezochte abonnee.

Elke automaat die een SSM ontvangt doorzoekt zijn AST. Komt de gezochte abonnee daarin voor, dan stuurt de betreffende schakelautomaat een Subscriber Location Message (SLM) terug naar de zoekende automaat. De SLM bevat de identiteit van de bestemmingsautomaat en het nummer van de gezochte, en nu gevonden, abonnee. De figuren 7.a en b geven een beeld van dit saturation search proces.

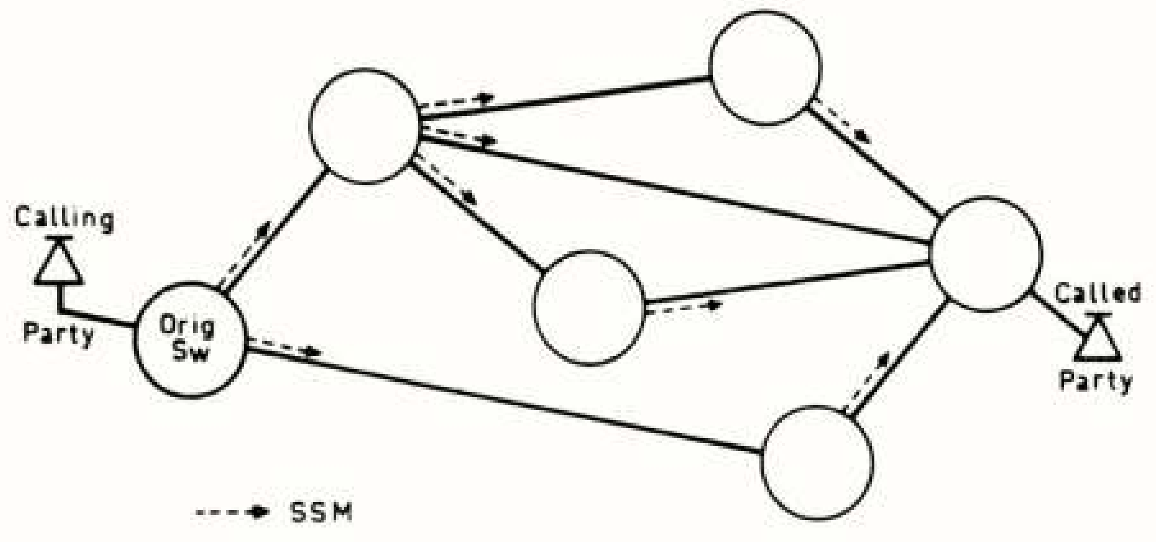


Fig. 7.a: "Saturation search": zoeken naar opgeroepen abonnees.

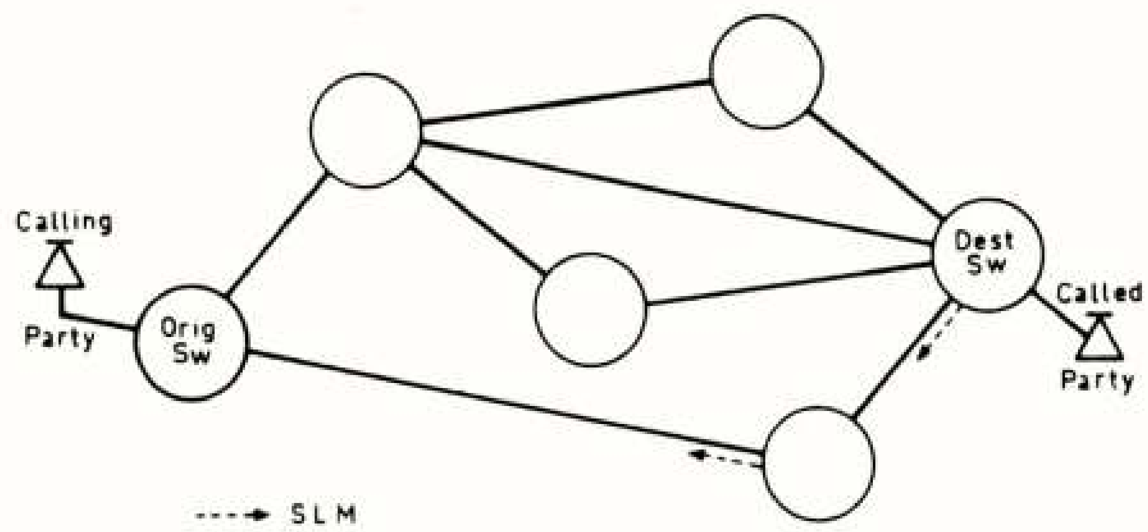


Fig.7.b: "Saturation search": opgeroepen abonnee gevonden.

Met de inhoud van het ontvangen SLM werkt de zoekende automaat zijn SLT bij. Indien geen SLM wordt ontvangen, wordt de oproep naar de abonnee toe beëindigd met de indicatie: "nummer niet bereikbaar".

Voor oproepen die zijn bestemd voor abonnees die zijn opgenomen in de locale AST, kunnen direct circuits worden geschakeld naar het daarin aangegeven fysieke aansluitpunt. Oproepen voor abonnees die zijn opgenomen in de SLT kunnen op basis van een "deterministic routing" proces naar de nu bekende bestemming worden gezonden. De indentiteit van de bestemmingsautomaat dient daarbij als indèx voor de Route Table.

De figuren 8.a, b en c geven een beeld van dit "deterministic routing" proces. Uit deze figuren blijkt dat elk van de tussenliggende automaten opnieuw, op basis van de eigen RT, poogt de gewenste bestemming te bereiken via de meest verkieslijke route.

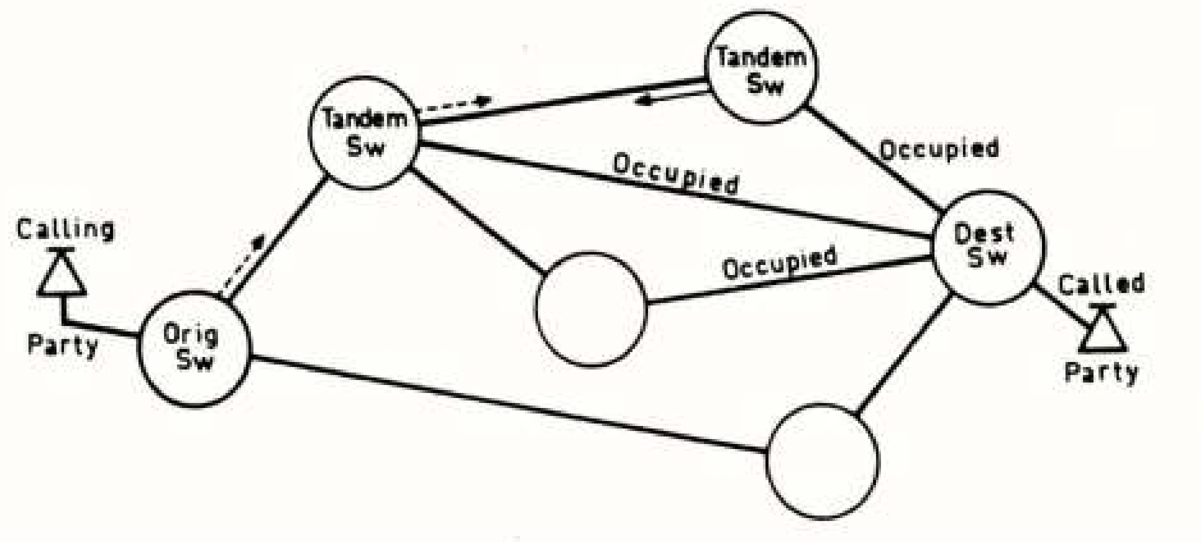


Fig. 8.a: "Deterministic routing": eerste poging van tussenliggende automaat, resulterend in "nummer onbereikbaar".

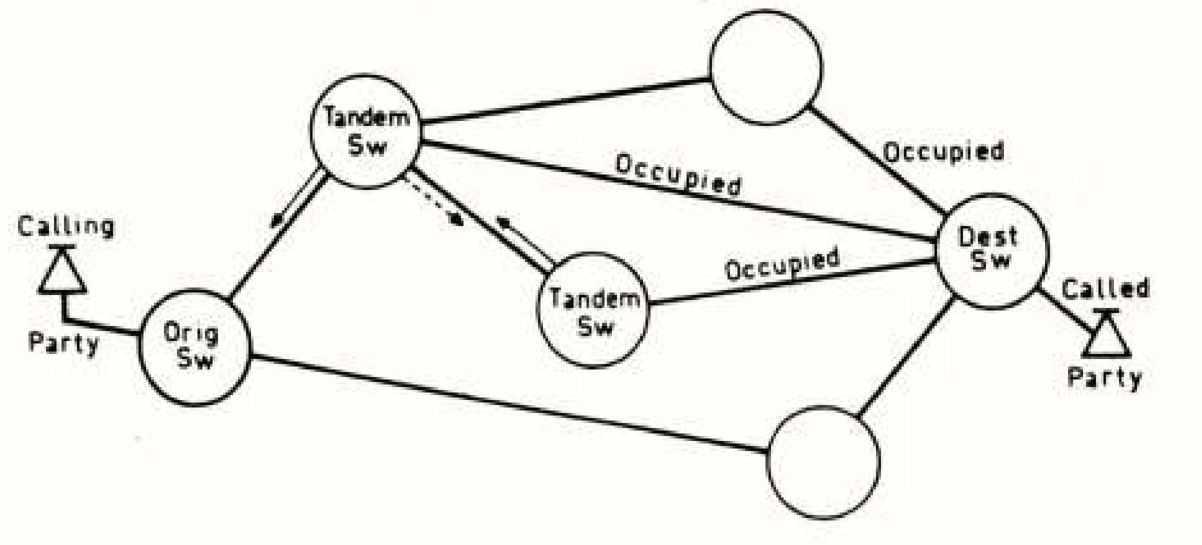


Fig. 8.b: "Deterministic routing": laatste poging van tussenliggende automaat, resulterend in "nummer onbereikbaar".

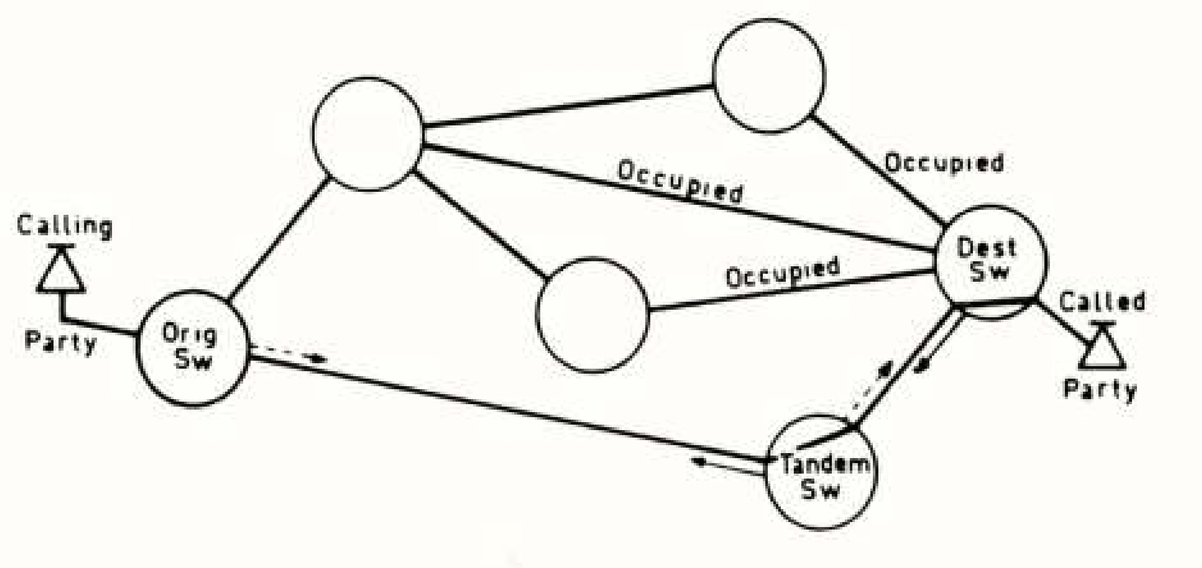


Fig. 8.c: "Deterministic routing": laatste poging van automaat van oorsprong, resulterend in het bereiken van de gewenste abonnee.

Het kan voorkomen dat een abonnee die is opgenomen in de SLT zich inmiddels niet meer op de daarin aangegeven locatie bevindt. Een oproep naar die abonnee zal dan door de schakelautomaat die in de SLT als bestemming is aangemerkt, worden beantwoord met de vermelding: "nummer niet bereikbaar". De oproepende automaat zal nu alsnog de zoekprocedure starten. Leidt deze niet tot het localiseren van de gezochte abonnee, dan wordt diens nummer uit de SLT verwijderd.

NETWERK RECONFIGURATIE

Bij het openen en sluiten van trunkgroepen verandert de connectivity van het netwerk. Ook het openen en sluiten van abonneegroepen kan formeel worden beschouwd als wijziging van de netwerktopologie. Abonneegroepen spelen echter slechts een ondergeschikte rol, wanneer het gaat om het vinden van een route door het netwerk. Alleen de plaats in het netwerk van de automaat waarop zij zijn aangesloten is hiervoor bepalend.

De schakelautomaten aan beide zijden van een trunkgroep kennen ten opzichte van elkaar een zekere rangorde, die een rol speelt bij het openen van trunkgroepen. Telkens bij het openen van een trunkgroep verstuurt de master een Primary Connectivity Message (PCM) via het processornet. Het PCM bevat de nieuwe connectivity van de master. Elke automaat die dit PCM ontvangt werkt in zijn Connectivity Map Table de connectivity van de betreffende master bij en verstuurt op zijn beurt een Secondary Connectivity Message (SCM) via het processornet. Elk SCM bevat de eigen connectivity van de automaat die dat SCM genereert. Op deze wijze ontvangt elke schakelautomaat, inclusief de master die het oorspronkelijke PCM genereerde, een SCM van alle schakelautomaten die een actief element in het netwerk vormen. Met behulp daarvan zal in de eigen Connectivity Map Table weer een getrouw beeld worden opgebouwd van de actuele netwerkconfiguratie.

Fig. 9 geeft een voorbeeld van een volledig bijgewerkte CMT na het openen van een trunkgroep tussen automaten 1 en 2.

Zodra alle SCM's door een schakelautomaat zijn ontvangen, wordt ook de eigen Route Table bijgewerkt. Indien het netwerk onvolledig is ontplooid, d.w.z. dat niet alle gedefinieerde schakelautomaten een actief element in het netwerk vormen, dan zal ook niet het volledige aantal SCM's kunnen worden ontvangen. Er zijn maatregelen getroffen, waardoor op basis van een time-out toch ook in die situatie de Route Tables worden bijgewerkt.

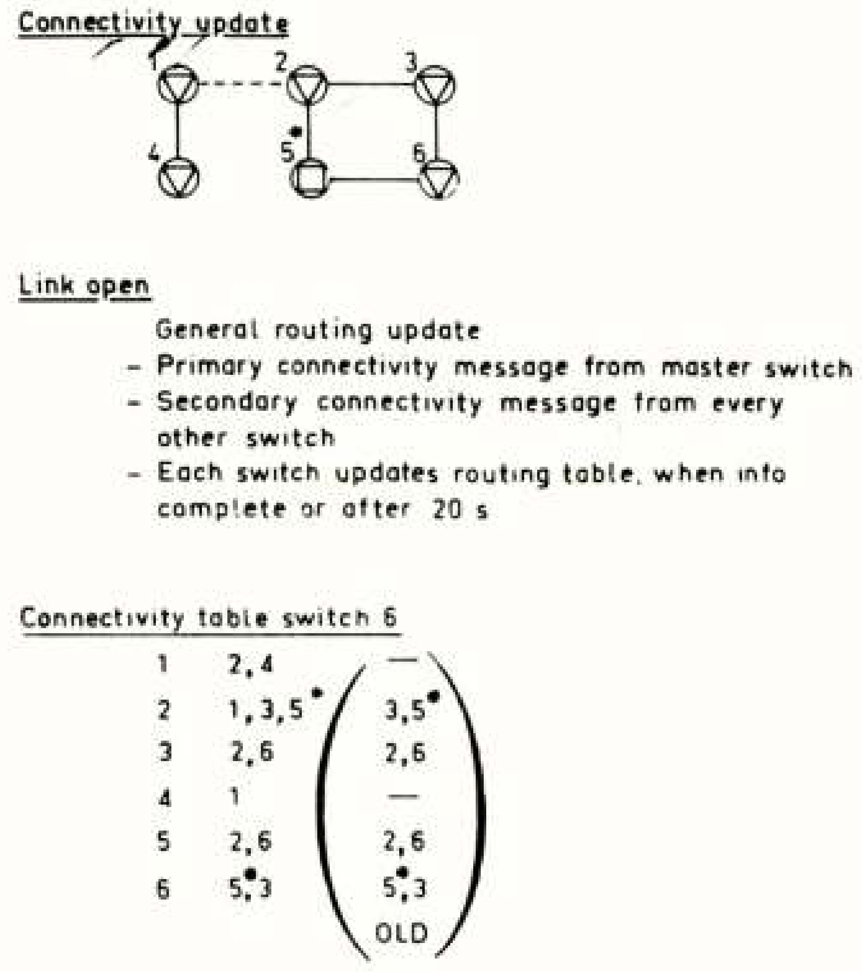


Fig. 9: Volledig bijgewerkte connectivity bij het openen van een trunkgroep.

Bij het sluiten van een trunkgroep genereren de beide betrokken schakelautomaten elk een SCM, die elk via alle circuits van het processornet worden verzonden. Elke automaat die een SCM ontvangt zonder dat hieraan een PCM is voorafgegaan, werkt zijn Connectivity Map Table en zijn Route Table bij.

Fig. 10 geeft een voorbeeld van een beperkt bijgewerkte connectivity na het sluiten van een trunkgroep. Zie ook fig. 11 voor de samenhang tussen CMT en RT.

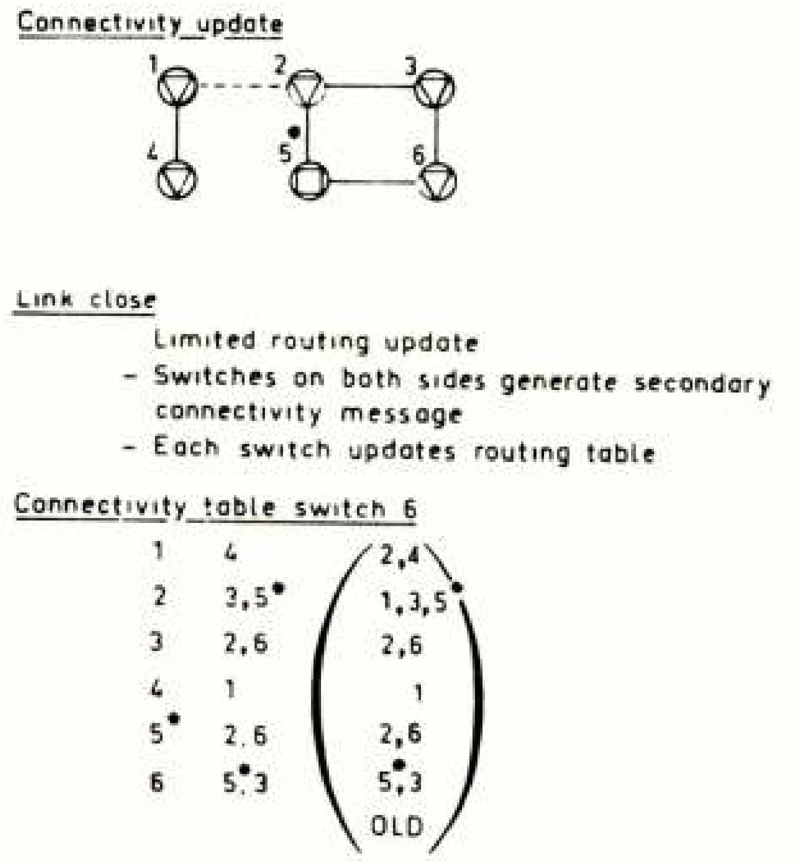


Fig. 10: Beperkt bijgewerkte connectivity bij het sluiten van een trunkgroep.

CALAMITEITEN

Uitvallen van groepen

Het onbedoeld en op een niet voorspelbaar moment uitvallen van groepen wordt aangemerkt als een calamiteit. Als gevolg van een calamiteit zal een wijziging optreden in de netwerkconfiguratie.

Bij het uitvallen van een groep blijven alle kenmerken van die groep beschikbaar in de tijdelijke bestanden. De nieuwe status van de groep wordt echter zodanig gekenmerkt, dat de betreffende circuits niet meer worden gebruikt als deel van een verbinding tussen oorsprong en bestemming. Slechts indien de uitgevallen groep wordt gesloten zullen de groepkenmerken worden verwijderd uit de tijdelijke bestanden.

Een groep wordt als uitgevallen beschouwd, indien synchronisatie van de groep-apparatuur niet meer mogelijk is. Voor trunkgroepen geldt als tweede criterium de kwaliteit van het common channel. Als datacommunicatie via dit circuit niet langer mogelijk is, wordt de groep aangemerkt als te zijn uitgevallen.

Als de oorzaak van het uitvallen van de groep is weggenomen kan deze weer in gebruik worden genomen. Hoewel de groep bij uitval niet formeel gesloten behoeft te zijn, komt hij pas weer beschikbaar als de bedienaar van de schakelautomaat een opdracht tot openen invoert.

Het uitvallen van abonneegroepen heeft op zich geen wijziging van de abonneeconfiguratie tot gevolg. De betreffende abonnees worden niet verwijderd uit de AST. Een oproep voor een abonnee die op een circuit van zo'n uitgevallen groep is aangesloten zal dan ook normaal naar de betreffende schakelautomaat worden gerouteerd. Die automaat zal de oproep echter beantwoorden met een indicatie dat de abonnee niet bereikbaar is. Zodra de groep weer geopend is zijn de abonnees direct weer bereikbaar.

Het uitvallen van trunkgroepen leidt tot het versturen van Secondary Connectivity Messages. De gewijzigde netwerkconfiguratie is daardoor direct bekend in elke schakelautomaat. Bij het weer beschikbaar komen van een trunkgroep dient deze weer te worden geopend. Dit geeft dan weer aanleiding tot het opnieuw bijwerken van de connectivity op basis van Primary en Secondary Connectivity Messages.

Uitvallen van de schakelautomaat

Het uitvallen van essentiële delen van de schakelautomaat zal aanleiding geven tot het uitvallen van trunkgroepen, indien de automaat niet meer adequaat reageert op berichten die via het processornet worden ontvangen.

Bij het uitvallen van de centrale processor zal de inhoud van diens werkgeheugen worden vernietigd. Van de tijdelijke bestanden bestaat echter een actuele copie in het niet vluchtige achtergrondgeheugen. Deze copie bevat alle kenmerken van de automaat die de toestand onmiddellijk voorafgaand aan de uitval weergeven. Bij het opnieuw opstarten van de centrale processor worden de tijdelijke bestanden vanuit het achtergrondgeheugen geladen. Met een simpele opdracht kan de bedienaar de oorspronkelijk beschikbare groepen openen, die dan alle weer hun oorspronkelijke kenmerken bevatten.

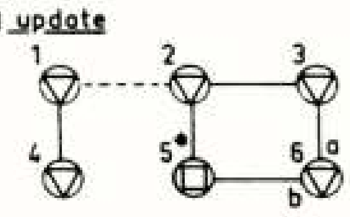
Opdeling van het netwerk

Als een bijzondere calamiteit kan worden beschouwd het uitvallen van een zodanige verzameling van trunkgroepen, dat het netwerk wordt opgesplitst in afzonderlijke delen waartussen geen communicatie meer mogelijk is.

Uit het voorafgaande zal duidelijk zijn dat, voor elk van de nu ontstane netwerkdelen, in elk van de automaten een getrouw beeld van de configuratie van het betreffende deelnetwerk beschikbaar zal zijn. Het mechanisme van de Connectivity Message staat daarvoor garant. Ook de zoekprocedures waarmee de locatie van een abonnee wordt bepaald, garanderen dat elke oproep eenduidig leidt tot het bereiken van de gewenste abonnee of tot de indicatie "nummer niet bereikbaar".

In elk van de deelnetten blijft de connectivity van het afgesplitste deel bekend, zoals deze was onmiddellijk voor de opdeling. De betreffende route tables zullen echter aangeven dat de automaten in het afgesplitste deel niet meer bereikbaar zijn. Fig. 11 geeft die samenhang nog eens weer.

Routing update



Connectivity table switch 6

1	4
2	3,5*
3	2,6
4	1
5*	2,6
6	5*3

Routing table switch 6

Switch	Group	Link count
1	—	—
2	a	2
	b	3
3	a	1
	b	4
4	—	—
5*	b	1
	a	3

Fig. 11: Samenhang tussen Connectivity Map Table en Route Table.

Ook wanneer de autonoom functionerende deelnetwerken worden samengevoegd, doordat een of meer trunkgroepen worden geopend tussen automaten van de afzonderlijke deelnetten, zullen de beschreven mechanismen automatisch leiden tot een accuraat beeld van het nieuwe netwerk.

SAMENVATTING

In het voorafgaande is aangetoond dat de opzet van de ZODIAC database leidt tot een hoge systeem integriteit

en slechts eenvoudige handelingen vraagt van abonnees en schakelautomaatbedienaars.

De enige eis die aan de abonnee wordt gesteld is dát hij zich inboekt; wáár hij zich inboekt wordt hem niet voorgeschreven.

De permanente bestanden stellen de schakelautomaatbedienaar in staat om groepen te initialiseren, te openen en te sluiten door het invoeren van uiterst simpele opdrachten.

Zodra een schakelautomaat een actief element in het netwerk is, garanderen de beschreven procedures dat de tijdelijke bestanden een accuraat beeld van de netwerkkenmerken geven. De actieve automaat reageert adequaat op verstoringen van de actuele abonnee- en netwerkconfiguratie. Ingrijpen van de bedienaar is nauwelijks noodzakelijk en blijft beperkt tot het initialiseren van acties, waarvan om andere dan systeem technische redenen het moment van uitvoering door de mens dient te worden bepaald.

De beschreven procedures garanderen voor elke automaat de integriteit van het beeld van de netwerkkenmerken tot het moment van uitvallen van de centrale processor. En zelfs dan is een snelle reïncarnatie in dezelfde gedaante verzekerd, dankzij een actuele copie van de netwerkkenmerken in het achtergrond geheugen.

Dit alles wordt bereikt met behulp van bestanden die uniek zijn per locatie en die automatisch voortdurend worden geactualiseerd zonder dat daarbij bulktransport van gegevens benodigd is.

LITERATUUR

1. Vlist, ir. P. v.d., ZODIAC, een Eurocom netwerk, Tijdschrift van het NERG, deze uitgave.

2. Daal, ir. A.J.W. van, Een digitale schakelautomaat voor tactisch militair gebruik, Tijdschrift NERG, deze uitgave.

3. Lin, P.M., Leon, B.J. and Steward, Chr.R., Analysis of circuit-switched networks employing originating office control with spill-forward, IEEE trans. on Comm., Vol. COM 26, nr. 6, June 1978.

Voordracht gehouden tijdens de 320e werkvergadering.

DE BEDRIJFSVOERING VAN ZODIAC, EEN MOBIEL MILITAIR TELECOMMUNICATIENETWERK

Ir. B.V. van Os,
Physisch Laboratorium TNO

Management of a military mobile radio relay network. Continuous relocation of radio relays in a combat area is a demanding management task. This article briefly describes the network management.

INLEIDING

ZODIAC is een rastervormig digitaal telecommunicatienetwerk, gebiedsbedekkend in het operatiegebied van het Eerste Nederlandse Legerkorps.
Het netwerk, ook wel het Legerkorps rayonverbindingsstelsel genoemd, is een drager van geschakelde telefoon- en data-verbindingen. Hoewel voor het Eerste Legerkorps dit stelsel niet de enige mogelijkheid van informatietransport is, is het toch zinvol de aandacht te beperken tot de bedrijfsvoering van dit stelsel. De mobiliteit van dit netwerk houdt in dat de locaties van waaruit straalverbindingen moeten worden gemaakt, continu kunnen veranderen.
Straalverbindingen verleggen betekent het verplaatsen van materieel en personeel en het veranderen van te gebruiken zend- en ontvangfrequenties, onder andere rekening houdend met interferentie van andere zenders in het veld.
Deze omvangrijke taak vraagt een goede bedrijfsvoering en de organisatie hiervan is, zoals Eurocom die heeft vastgelegd (ref. 1), grof in te delen in drie organisatielagen, namelijk:

1. System Executive and Planning (SEP)
2. Operational System Control (OSC)
3. Facilities Control (F.C.)

2. SYSTEM EXECUTIVE AND PLANNING

De System Executive and Planning, kortweg SEP, is de verbindingsdienststafcel, die verantwoordelijk is voor de totale planning en toewijzing van verbindingsmiddelen ter ondersteuning van de tactische plannen.
Dit houdt in dat SEP permanent contacten onderhoudt met commandanten en staven.
SEP ontwerpt de vereiste verbindingsaanwijzingen en bevelen en geeft operationele leiding bij de uitvoering daarvan.
Enkele concrete voorbeelden van SEP-taken zijn:

1. Het voorstellen aan de Legerkorpscommandant van verbindingsplannen ter ondersteuning van voorgenomen operaties.
2. Een totale verantwoordelijkheid voor de goede werking van het verbindingsstelsel (dus niet van ZODIAC alleen).
3. Contacten onderhouden met SEP's uit nabuurkorpsen om bijvoorbeeld verbindingen tussen netwerken te realiseren, om ongewenste onderlinge beïnvloeding van straalverbindingen zoveel mogelijk te beperken of om apparatuurgegevens van zend- en ontvanginstallaties te verkrijgen van onder-bevel-gestelde eenheden uit nabuurkorpsen.
4. Contacten onderhouden met hogere bevelsstructuren om veranderingen in bijvoorbeeld van hogerhand toegewezen zendfrequenties door te voeren.

Het merendeel van de taken kan een SEP onmogelijk verrichten zonder te weten:

- hoeveel personeel beschikbaar is,
- hoeveel materieel beschikbaar is,
- waar personeel en materieel zich bevinden,
- hoe de conditie is van manschappen en materieel en
- wat de verplaatsingsduur is.

Voor deze zaken zal het SEP informatie moeten inwinnen bij het Operational System Control.

3. OPERATIONAL SYSTEM CONTROL

Operational System Control, kortweg OSC, is verantwoordelijk voor de directe besturing van een deel van het verbindingsstelsel, zoals bijvoorbeeld het rayonverbindingsstelsel ZODIAC.
Deze functie bestaat uit het verstrekken van opdrachten en het controleren van de uitvoering hiervan, teneinde de verbindingsdiensteenheden, rayon- en stafverbindingscentra en verbindingsdienstinstallaties, waarvoor OSC verantwoordelijk is, op de meest optimale wijze te ontplooien, conform de algemene richtlijnen van SEP.
De taak van het OSC zal wellicht wat duidelijker worden, indien nader wordt ingegaan op enige aspecten van de organisatie van ZODIAC.
Om gebiedsbedekkend te kunnen zijn in het sterk veranderlijke operatiegebied van het Eerste Legerkorps zal het rayonverbindingsstelsel bij volledige ontplooiing, uit bv. 20 knooppunten kunnen bestaan.
Elk knooppunt van het rastervormig netwerk vormt een rayonverbindingscentrum. Een rayon is een verzorgingsgebied, dat bepaald wordt door de eenheden, die met hun

straal - of lijnverbinding met het rayonverbindings - centrum zijn verbonden.
Er kan gesteld worden dat de eenheden in het algemeen niet verder dan 30 km van een rayonverbindingscentrum zijn verwijderd.
Concentreren wij ons op een knooppunt in dit stelsel, dan ziet een lijst van relevant verbindings-materieel, aanwezig in een knooppunt, er als volgt uit:

- een schakelautomaat in een shelter op een vrachtauto,
- TDM-stapelapparatuur in shelters op vrachtauto's,
- stroomvoorzieningsaggregaten,
- radioapparatuur inclusief antennes, masten en lieren voor full-duplex-verbindingen,
- kabelhaspels (niet te onderschatten in hoeveelheid en gewicht),
- een Automatisch Telegrafie Centrum (ATC)

Dit materieel moet door het nodige personeel:

- verplaatst,
- geïnstalleerd,
- bediend,
- beveiligd en
- onderhouden worden.

Afhankelijk van het aantal full-duplex-radioverbindingen in een knooppunt en het aantal knooppunten, kan het frequentiegebruik oplopen tot enkele honderden draaggolffrequenties.
Het aantal, aan het Legerkorps toegewezen, zendfrequenties is echter veel kleiner en herhaaldelijk komt het voor dat een frequentiepaar voor een full-duplex-verbinding meer dan eens gebruikt moet worden.
Het is zelfs mogelijk gebleken, door goede planning in het operatiegebied van het Eerste Legerkorps een frequentiepaar acht maal op verschillende verbindingen gelijktijdig te gebruiken.
De mobiliteit van dit stelsel en de te verzorgen eenheden maakt, dat continue full-duplex-verbindingen gemaakt en verbroken dienen te worden.
Dit gaat gepaard met de noodzakelijke veranderingen in het gebruik van zendfrequenties in verband met onderlinge storing, opzettelijke storing en propagatieproblemen.
Het OSC dient aan dit stelsel directe sturing te geven. Hiervoor heeft het OSC enige geautomatiseerde hulpmiddelen ter beschikking in de vorm van een bedrijfsvoeringscomputer en een zogenaamde netwerkbeheersterminal.
Met de netwerkbeheersterminal kan het OSC beschikken over informatie uit de bestanden van het ZODIAC-stelsel, zoals ze gedistribueerd zijn opgeslagen in actieve schakelautomaten (ref. 2, 3).
De bedrijfsvoeringscomputer assisteert het OSC voornamelijk bij verplaatsingen van eenheden, rayonverbindingscentra en stafverbindingscentra.
De bedrijfsvoeringscomputer heeft als voornaamste taak, het OSC te adviseren over het te gebruiken frequentiepaar bij een nieuw uit te brengen straalzenderverbinding.
Daarbij bezigt de computer een algorithme, die de signaal-stoor-verhouding berekent met als parameters:

- trajectdemping tussen zenders en ontvangers van de uit te brengen verbinding,
- trajectdemping tussen alle, reeds uitgebrachte, zenders en de ontvangers van de uit te brengen verbinding,
- de apparatuurgegevens van de beschikbare communicatieapparatuur (m.f.-bandbreedte, antennegain),
- onderlinge storing in het nabije veld, voor zenders en ontvangers in één verbindingscentrum en
- reeds in gebruik zijnde frequentieparen.

Voor het berekenen van de trajectdemping raadpleegt de computer een terreindata-bestand, dat per km^2 informatie verschaft over:

- terreinhoogte,
- terreinsoort,
- vegetatie,
- bebouwing.

Verder zijn voor de frequentietoewijzing nog bestanden aanwezig die:

- de locatie van de eenheden aangeven,
- informatie over inzetbare apparatuur bijhouden,
- aangeven welke straalzenderverbindingen reeds uitgebracht zijn, en
- aangeven welke frequenties beschikbaar zijn gesteld door SEP.

Bij een verplaatsing van een eenheid wordt het uitbrengen van een nieuwe straalzenderverbinding als volgt gerealiseerd. De verbindingsofficier van een eenheid bericht OSC over de ophanden zijnde verplaatsing met vermelding van de nieuwe positie.
OSC raadpleegt de computer, om dan dwingend voor te schrijven met welk knooppunt verbinding moet worden gemaakt en welke draaggolffrequenties voor zender en ontvanger gebruikt dienen te worden.
Uiteraard dient de Facilities Control van het knooppunt, waarmee verbinding moet worden gemaakt, eveneens de nodige opdrachten van OSC te krijgen.

4. FACILITIES CONTROL

De Facilities Control (FC) is verantwoordelijk voor de technische leiding van een staf- of rayonverbindingscentrum (knooppunt), inbegrepen de verbindings-dienstdetachementen, welke verbinding hebben met zijn rayonverbindingscentrum. FC voert zijn taak uit conform de door OSC gegeven opdrachten.
Een aantal taken die de FC behoort te verrichten of die onder zijn directe verantwoordelijkheid vallen zijn:

- het verkennen en een verkenningsrapport opstellen van nieuwe locaties voor zijn verbindingscentrum,
- het installeren van het verbindingscentrum,
- apparatuur toewijzen voor bepaalde taken,
- onderhoud en reparatie van verbindingsapparatuur doen of laten doen,
- het opzetten en onderhouden van de verbindingen en
- het besturen van de schakelautomaat.

5. SLOTOPMERKING

Met deze bijdrage is getracht een globale indruk te geven van de bedrijfsvoering van een mobiel militair telecommunicatienetwerk.
De invoering van een geautomatiseerde frequentietoewijzing, is in grote mate bepalend geweest voor de huidige bedrijfsvoering.
Verfijningen van het gebezigde frequentietoewijzingsmodel, waar nu aan gewerkt wordt, moeten ertoe leiden, dat een efficiënter gebruik van het, voor het Legerkorps interessante, u.h.f.-spectrum mogelijk wordt.

LITERATUUR

1. ZODIAC, Een EUROCOM Netwerk,
   Ir. P. van der Vlist,
   Directie Materieel Koninklijke Landmacht (deze uitgave).

2. Een Digitale Schakelautomaat Voor Militair Tactisch Gebruik,
   Ir. A.J.W. van Daal,
   Hollandse Signaalapparaten B.V. (deze uitgave).

3. Aspecten Van De ZODIAC Database,
   Ir. J.F.H. Pacanda,
   Majoor van de Technische Staf, Directie Materieel Koninklijke Landmacht (deze uitgave).

Voordracht gehouden tijdens de 320e werkvergadering.

FOUTPROTECTIE IN EUROCOM SYSTEMEN

Ir. C. Eberwijn
Physisch Laboratorium TNO

Error protection in Eurocom systems. In this paper an error protection scheme based on the BCH(31,21) code is discussed, which will be used in Eurocom systems. This scheme may be used for data communications as front end error protection of the data link level (e.g. in the case of packet switching). The synchronization procedure, an interleaving mechanism and performance of the scheme in different situations are discussed.

INLEIDING

Het z.g. Eurocom overleg is voortgekomen uit de afspraken die zijn gemaakt door de defensieministers van de landen, die lid zijn van de Eurogroep. Het eerste doel van Eurocom is het bevorderen van de interoperabiliteit van tactische communicatiesystemen van de landstrijdkrachten van de Euroqroep naties. Het document waar in dit kader momenteel aan gewerkt wordt, is het Eurocom D/1 document [1]. Hierin worden de basisparameters van dergelijke communicatiesystemen beschreven.

Eén van de onderwerpen die in Eurocom verband aan de orde komen, is datacommunicatie. Hierbij wordt de term data gebruikt als omschrijving van computer/computer en computer/randapparaat verkeer. Naast parameters voor datacommunicatie via vaste en geschakelde verbindingen (circuit switching), worden ook parameters gedefinieerd bij datacommunicatie via "packet switched" verbindingen. Voor deze toepassingen is een transmissieschema gedefinieerd, dat gebruik maakt van een forward error-correction code (FEC-code), waarmee ook interleavingmechanismen en snelheidsconversie eenvoudig zijn te realiseren. Dit schema kan worden gebruikt op de in deze communicatienetwerken (bijv. ZODIAC) gebruikte digitale 16 kbit/s verbindingen.

Gebruik van dit transmissieschema resulteert, afhankelijk van de toepassing, in datasnelheden van 2.4, 4.8 of 9.6 kbit/s. Dit zijn de snelheden die gedefinieerd zijn voor de klasse 4 datatransmissie voor Eurocom systemen [2]. Een voor Eurocom systemen beschreven toepassing van het schema is foutbescherming van verbindingen tussen packet switches. Hierbij is het mogelijk om een aantal (n) 16 kbit/s kanalen parallel te schakelen en te beschouwen als een nx16 kbit/s kanaal. Toepassing van het transmissieschema resulteert dan in een datasnelheid van nx9.6 kbit/s (n = 1, 2, 3 of 4).

De toegepaste foutkorrigerende code is de Bose-Chaudhuri-Hocquenghem(31,21)-code [3]. Deze code maakt gebruik van blokken van 31 bits, zoals weergegeven in fig. 1.

21 INFORMATIE-BITS	10 CHECKS-BITS
0-- --20	21-- --30

Fig. 1 De BCH(31,21)-code

Aan 21 informatiebits worden 10 checkbits toegevoegd m.b.v. het volgende generatorpolynoom:

$$g(x) = 10^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 + 1$$

M.b.v. de BCH(31,21)-code is het mogelijk om maximaal twee willekeurig over de 31 bits verdeelde fouten te korrigeren. De maximaal haalbare throughput (effektieve hoeveelheid verzonden informatie) is bij deze code ongeveer 68%.

GEBRUIK VAN DE BCH(31,21)-CODE OVER 16 KBIT/S VERBINDINGEN

In fig. 2 is het gebruikte transmissieschema weergegeven.

21 INFORMATIE-BITS				10 CHECKS-BITS
0	1	2	3-- --20	21-- --30
0	F1	F2	18 DATABITS	10 CHECKBITS
X	30 TE ZENDEN BITS			

Fig. 2 Het transmissieschema

Van de 21 informatiebits worden slechts 18 bits (nl. 3 t/m 20) gebruikt voor transport van data. Bit 1 en 2 worden gebruikt voor synchronisatie (F1 en F2). De funktie van deze bits wordt beschreven in het volgende hoofdstuk.

Bit 0 wordt op een vaste waarde nul gezet. Slechts 30 van de 31 bits worden uiteindelijk verzonden. Omdat de 30 verzonden bits slechts 18 databits bevatten, resulteert dit bij 16 kbit/s in een throughput van:

$$\frac{18}{30} \times 16 \text{ kbit/s} = 9.6 \text{ kbit/s}$$

Lagere standaardsnelheden, zoals 2.4 en 4.8 kbit/s, worden bereikt door elk blok resp. vier- en tweemaal uit te zenden.

Aan de ontvangkant vindt korrektie van de ontvangen blokken plaats. De resterende blokfoutkans (block error rate) is afhankelijk van de aan de ontvangkant gevolgde procedure na de korrektie. Door het viermaal uitzenden van een blok in het geval van 2.4 kbit/s, kan na korrektie van elk blok bijvoorbeeld een meerderheidsbeslissing (drie uit vier) genomen worden. Bij minimaal drie gelijke blokken van de totaal vier ontvangen blokken, wordt één van deze drie als korrekt beschouwd en doorgegeven aan de uitgang van het systeem.

Bij de volgende redenering voor de block error rate (BlkER) is aangenomen dat elk ontvangen blok dat drie fouten of meer bevat, na korrektie een aantal foute bits bevat. De gevallen waarin drie of meer fouten toch resulteren in een goed gekorrigeerd blok, zijn buiten beschouwing gelaten.

De kans op een fout na korrektie P(F) is dan gelijk aan:

$$P(F) = P(f \geq 3),$$

met f gelijk aan het aantal fouten in een 30 bits blok.

$$\begin{aligned} P(F) &= 1 - P(f \leq 2) \\ &= 1 - [P(f=0) + P(f=1) + P(f=2)] \\ &= 1 - [p^{30} + 30p^{29}q + \binom{30}{2} p^{28}q^2], \end{aligned}$$

met q is gelijk aan de bitfoutkans en p = 1-q.

Bij 9.6 kbit/s is deze P(F) tevens gelijk aan de BlkER, aangezien elk blok in dit geval slechts eenmaal wordt verzonden. Hetzelfde geldt voor 4.8 kbit/s, omdat bij tweemaal uitzenden eveneens geen meerderheidsbeslissing genomen kan worden. De block error rate (BlkER) als funktie van de bit error rate (BER) voor 9.6 en 4.8 kbit/s, is grafisch weergegeven in fig. 3.

We zien in fig. 3 dat de BlkER toeneemt met toenemende BER. Voor een goed beeld van de bereikte verbetering bij 9.6 en 4.8 kbit/s is in tabel 1 voor een tweetal waarden van de BER de waarde van de BlkER voor en na het doorlopen van het systeem weergegeven.

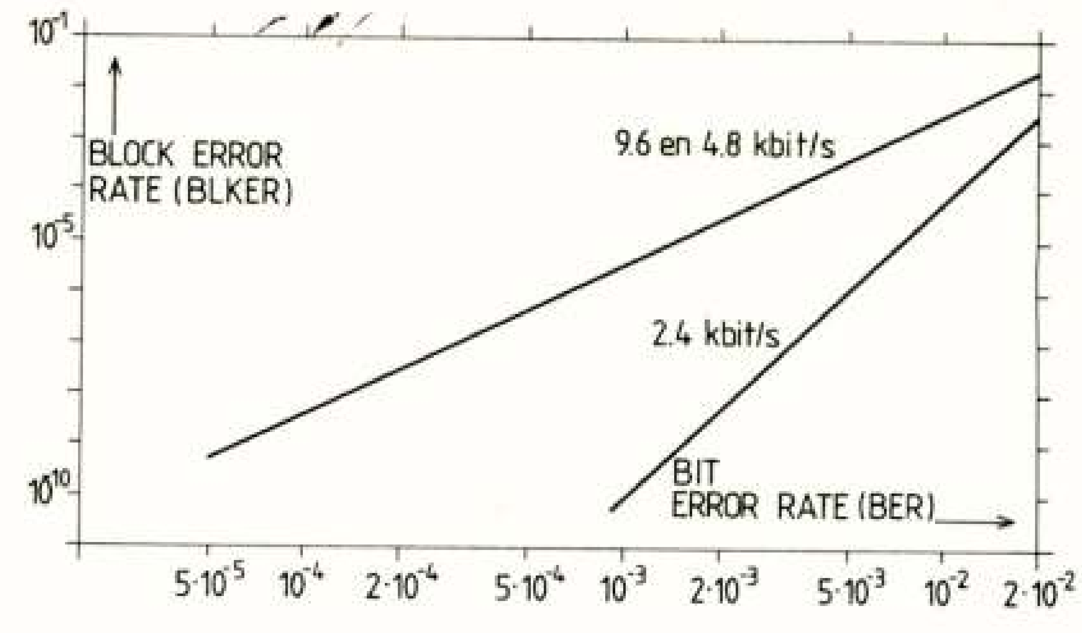


Fig. 3 BlkER als funktie van de BER

BER	BLKER		
	VOOR	NA	
		9,6 en 4,8	2,4
10^{-3}	$3{,}0 \cdot 10^{-2}$	$4{,}0 \cdot 10^{-6}$	$1{,}0 \cdot 10^{-10}$
10^{-2}	$2{,}6 \cdot 10^{-1}$	$3{,}3 \cdot 10^{-3}$	$6{,}6 \cdot 10^{-5}$

Tabel 1 Block error rate voor en na korrektie bij 2.4, 4.8 en 9.6 kbit/s

Bij een BER van 10^{-3} is de verbetering van de block error rate bijna gelijk aan een faktor 10^4. Met toenemende BER neemt de verbetering af. Bij een BER van 10^{-2} is de verbetering nog slechts ongeveer een faktor 10^2.

Bij 2.4 kbit/s wordt beslist op grond van minimaal drie gelijke blokken na korrektie. De BlkER bij een snelheid van 2.4 kbit/s is dan:

$$\begin{aligned} \text{BlkER} &= P(\text{fout blok } 2.4) = 1 - P(\text{goed blok } 2.4) \\ &= 1 - [4\ P(F)\ (1-P(F))^3 + (1-P(F))^4] \end{aligned}$$

Hierbij is de kans dat vier ontvangen blokken, waarvan een aantal (> 1) drie of meer fouten bevat, na korrektie toch drie of zelfs vier gelijke (foute) blokken opleveren, verwaarloosd. Fig. 3 en tabel 1 geven de resultaten bij 2.4 kbit/s weer. De verbetering van de BlkER bij 2.4 kbit/s bedraagt ongeveer een faktor 10^8 bij een BER van 10^{-3} en een faktor 10^4 bij een BER van 10^{-2}.

DATATRANSMISSIE

Zoals in de Inleiding reeds is vermeld, wordt bij de in Eurocom D/1 gedefinieerde klasse 4 datatransmissie gebruik gemaakt van snelheden van 2.4, 4.8 of 9.6 kbit/s. In fig. 4 is de in deze situatie gebruikte configuratie van de DTE (data terminal equipment) en de DCE (data circuit-terminating equipment) schematisch weergegeven.

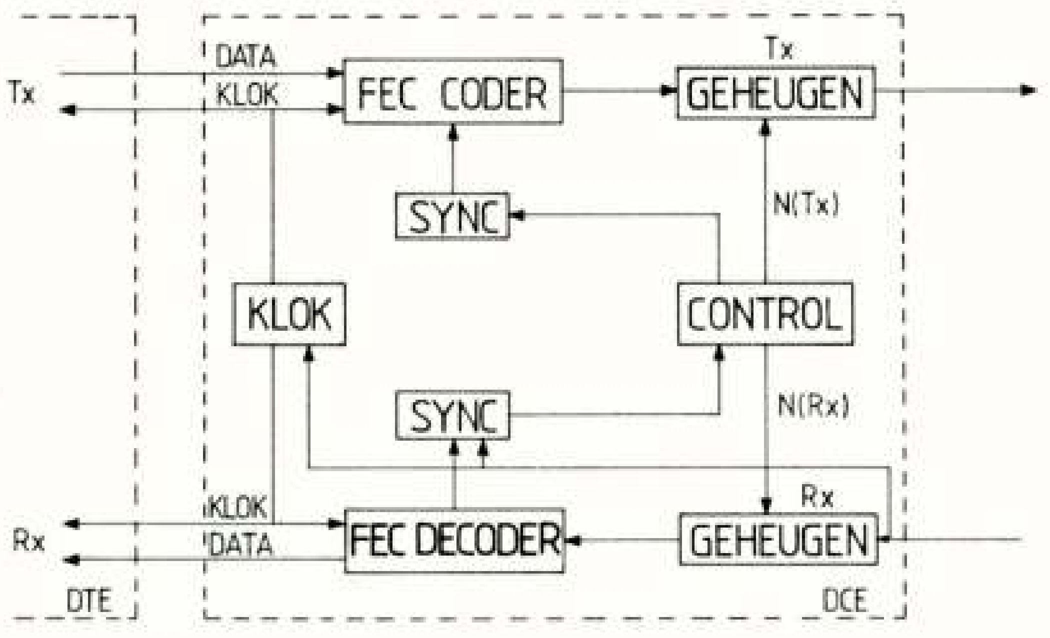


Fig. 4 DTE/DCE configuratie

In de volgende paragrafen zullen de in deze configuratie mogelijke synchronisatieprocedure en interleaving mechanismen besproken worden.

Synchronisatieprocedure

Voor synchronisatie wordt gebruik gemaakt van vier typen blokken. Dit zijn achtereenvolgens BAR (Block Alignment Request), BAA (Block Alignment Acknowledge), DB1 (Data Block) en DBR (Data Block Repeat). De codering van de BAR en BAA blokken is weergegeven in fig. 5 en die van de DB1 en DBR blokken in fig. 6.

	1 2	3 - - - - 14	15 - - 20	21 - - - - - 30
	F1F2	SYNCHR.PATROON	N	CHECKBITS
BAR	1 1	1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0	0 X X X X X	X - - - - X
BAA	0 1	1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0	0 X X X X X	X - - - - X

Fig. 5 Codering van BAR en BAA

	1 2	3 - - - - 20	21 - - - - 30
	F F	DATA	CHECKBITS
DB1	0 0	X X - - - - X X	X X - - - - X X
DBR	1 0	X X - - - - X X	X X - - - - X X

Fig. 6 Codering van DB1 en DBR

In gesynchroniseerde toestand wordt onderscheid tussen de blokken gemaakt op grond van de bits F1 en F2. In een niet gesynchroniseerde toestand gebeurt dit op grond van F1, F2 en het in BAR en BAA aanwezige synchronisatiepatroon. Het in de BAR en BAA blokken voorkomende N-veld, wordt gebruikt voor interleaving (zie para 3.2). In fig. 7 is een toestandsdiagram van de synchronisatieprocedure weergegeven. De synchronisatieprocedure tussen een DCE A en een DCE B wordt gestart vanuit de toestand "block alignment search" door het verzenden van BAR door bijv. DCE A. Na ontvangst van BAA gaat DCE A over in de toestand "traffic". Als in plaats van BAA eerst BAR wordt ontvangen, dan gaat DCE A via de toestand "BAR receipt", na ontvangst van BAA en DB over in "traffic".

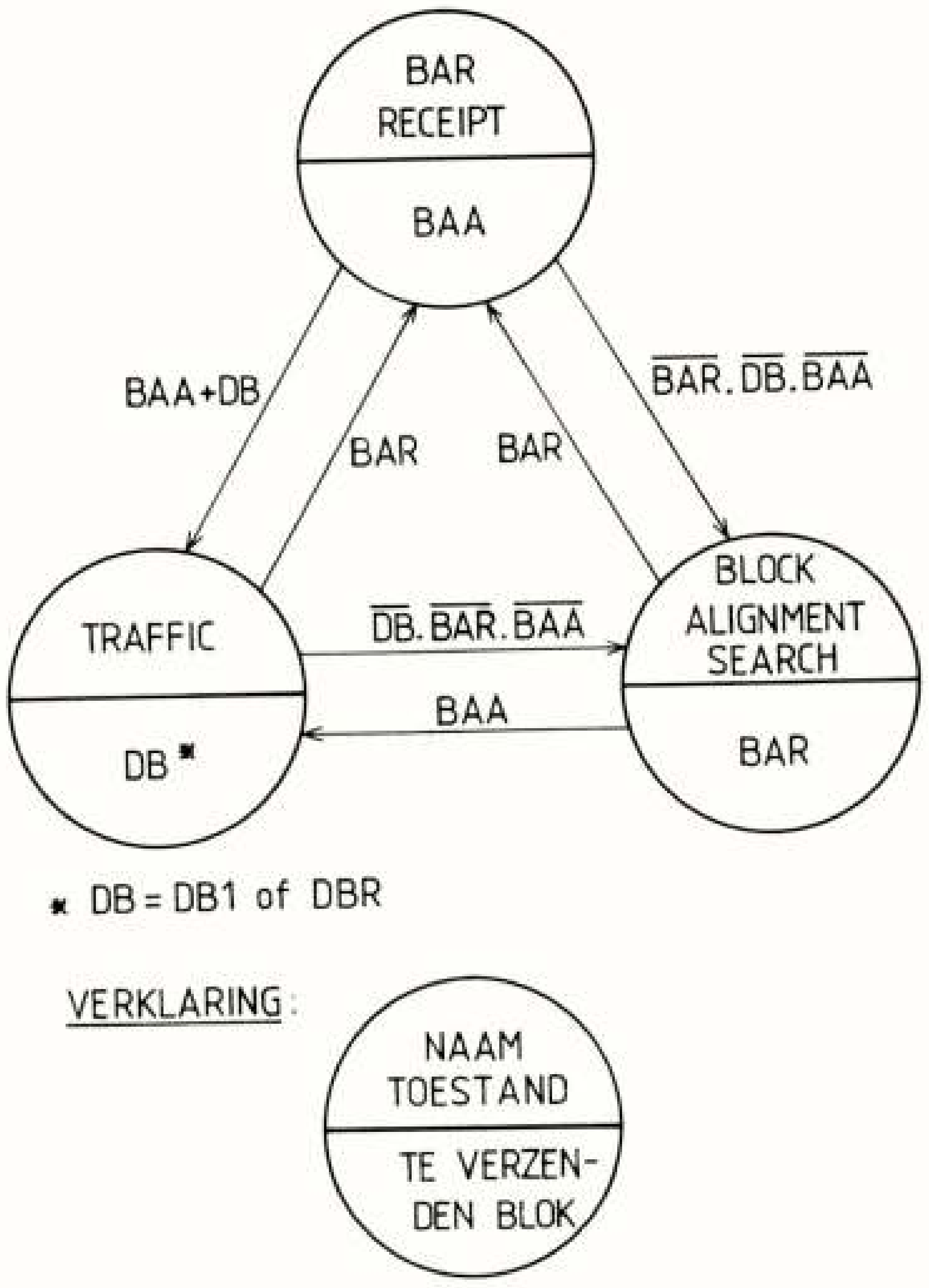


Fig. 7 Toestandsdiagram

Bij verlies van synchronisatie komt de DCE weer terecht in "block alignment search" en wordt de procedure herhaald.

Interleaving

Om de invloed van groepen fouten ("bursts") te verminderen kan als een optie bij een snelheid van 2.4 en 4.8 kbit/s een blok interleaving mechanisme worden toegepast. Bij blok interleaving wordt steeds een multi-frame bestaande uit resp. 4N of 2N blokken verzonden. In fig. 8 is dit toegelicht voor 2.4 kbit/s.

De waarde van N wordt onafhankelijk voor beide transmissierichtingen geselecteerd. D.m.v. het N-veld in het BAR blok kan de DCE een waarde bepalen voor de zendkant (N(Tx) in fig. 4). De waarde van N voor de ontvangkant wordt bepaald door het N-veld in het ontvangen BAA blok (N(Rx) in fig. 4). De waarde van N is beperkt tot 31 om de door dit mechanische ontstane vertraging te beperken tot ongeveer 200 ms maximaal.

Aangezien het N-veld bestaat uit zes bits (zie fig. 5), is het mogelijk om ook waarden van 32 tot en met 63 aan te geven. Deze zullen worden gebruikt bij een optie voor een bit interleaving mechanisme dat momenteel onder studie is.

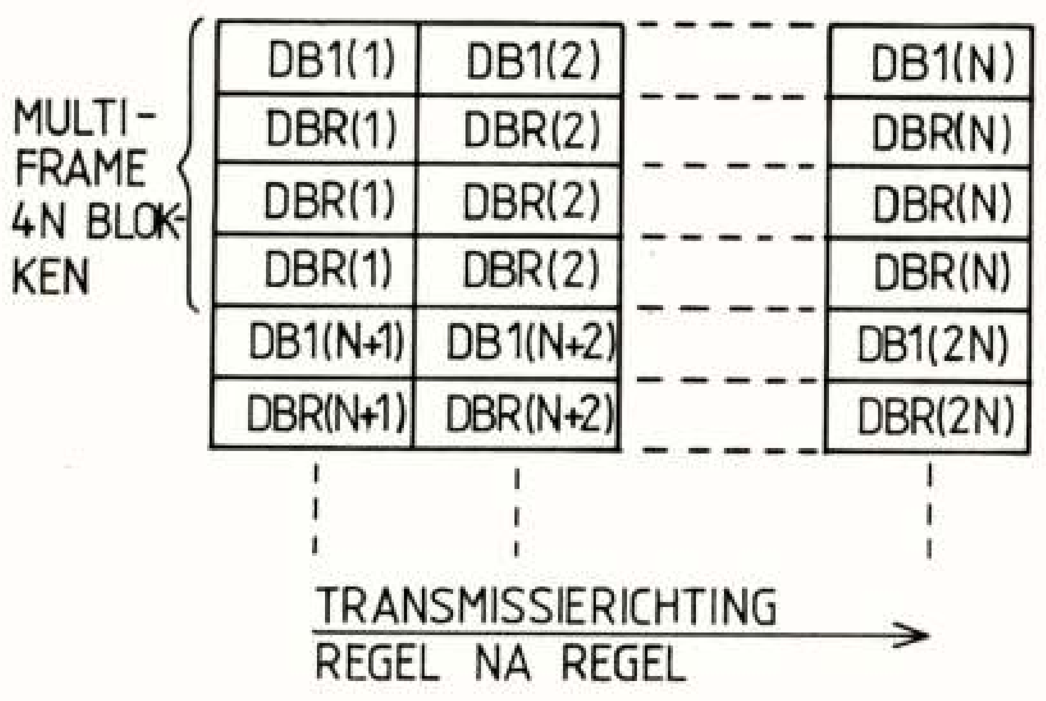


Fig. 8 Block interleaving

DATA LINK LEVEL

Het z.g. data link level is één van de zeven lagen (levels) van het Open Systems Interconnection model van ISO (International Organization for Standardization) [4]. In eerste instantie zijn voor datacommunicatie de eerste drie levels van dit model relevant. Dit zijn het physical, data link en network level (level 1, 2 en 3). Een door Eurocom beschreven toepassing hiervan is packet switching.

Elke Eurocom gateway (verbinding tussen netwerken van twee naties) kan één of meerdere speciaal voor dit doel gereserveerde kanalen in gebruik hebben. De voor packet switching in Eurocom gedefinieerde levels zijn gebaseerd op CCITT aanbeveling X.75 [5]. Deze is waar nodig aangepast aan specifieke Eurocom eisen.

HDLC

Een voor dit artikel relevant onderwerp, is het gedrag van het data link level onder variërende foutomstandigheden. Het door Eurocom voor level 2 gedefinieerde protocol gebruikt de principes van HDLC (High Level Data Link Control). In fig. 9 is schematisch het formaat van de verschillende levels weergegeven.

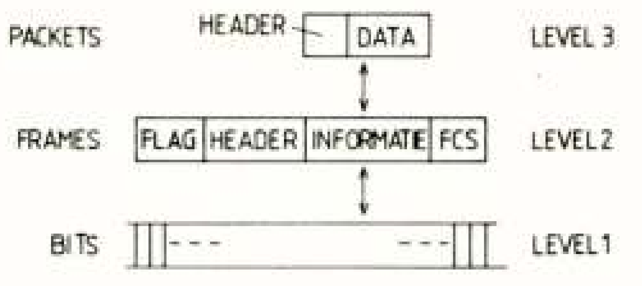


Fig. 9 Schema van level 1, 2 en 3

Elk level voegt een bepaalde header aan de informatie toe alvorens dit geheel aan een lager gelegen level door te geven. Level 3 levert packets af aan level 2. Er worden nu frames gevormd door toevoeging van een flag, een header en een 16 bits frame check sequence (FCS). M.b.v. de FCS is het mogelijk om aan de ontvangkant transmissiefouten te detekteren. Door middel van nummering van de teruggezonden frames, wordt de korrekte ontvangst van een bepaald frame teruggemeld. Bij ontvangst van een frame waarin een fout gedetekteerd wordt, zal de informatie van dit frame niet gebruikt worden en er wordt geen bevestiging van ontvangst teruggezonden. Het volgende ontvangen frame zal daarom "niet in volgorde" zijn, hetgeen resulteert in een terugmelding d.m.v. een Reject frame. Ontvangst van een Reject resulteert in retransmissie van het foute frame en de daaropvolgende reeds verzonden frames.

Enkele parameters die bij het HDLC protocol van belang zijn, zijn timer T1, het maximale aantal uitstaande frames k en de maximale framelengte N1. Na verzending van een frame wordt T1 gestart. Als na verloop van tijd T1 nog geen bevestiging van ontvangst is ontvangen, wordt dit frame met de daaropvolgende verzonden frames heruitgezonden. Deze procedure is bijv. van belang bij een fout in een laatste frame van een reeks. Voor de Eurocom packet switched gateway is T1 op één seconde gesteld. Parameter k bepaalt het maximale aantal frames dat uit mag staan zonder dat een bevestiging wordt ontvangen. Voor Eurocom is dit aantal gelijk aan zeven. De maximale lengte van een frame is gesteld op 135 octetten oftewel 1080 bits.

Als we aannemen dat elke ontvangen Reject een heruitzending van drie frames oplevert, kunnen we een schatting doen over het verloop van de throughput als funktie van de BER. Het totale aantal verzonden frames aan de zendkant is gelijk het effektieve aantal verzonden frames gesommeerd met het aantal herhaalde frames. Als we het effektieve aantal gelijk stellen aan X, dan is het aantal herhaalde frames bij benadering gelijk aan:

$$3 \times P(\text{fout frame}) \times X.$$

Ter vereenvoudiging is hierbij aangenomen dat elk fout ontvangen frame een Reject oplevert, ongeacht of het volgende frame al of niet goed ontvangen wordt. De throughput is dan gelijk aan het aantal frames waarvan de informatie aan de ontvangkant gebruikt wordt, gedeeld door het totale aantal verzonden frames:

$$\text{Throughput } T = \frac{X \times P(\text{frame goed})}{X + 3 \times X \times P(\text{frame fout})}$$

$$= \frac{P(\text{frame goed})}{1 + 3 \times P(\text{frame fout})}$$

De effektieve hoeveelheid getransporteerde level 2 bits is dan bij gebruik van één 16 kbit/s kanaal gelijk aan:

$$T_{eff} = T \times 16 \text{ kbit/s}$$

Als alle frames gelijke, maximale lengte hebben (1080 bits; worst case) is de kans op een goed frame:

$$P(\text{frame goed}) = p^{1080},$$

met p is de kans op een goed bit.
In fig. 10 is de throughput weergegeven als funktie van de BER. De HDLC-throughput daalt van 16 kbit/s bij BERs kleiner dan 10^{-5} tot ongeveer 2 en 0 kbit/s bij resp. 10^{-3} en 10^{-2}. Aangezien Eurocom systemen worden ontworpen voor werking in een foutomgeving tot een BER van 10^{-3} en het Zodiac-systeem zelfs tot een BER van 10^{-2} (bijv. signalering en synchronisatie), is een dergelijk verloop niet acceptabel.

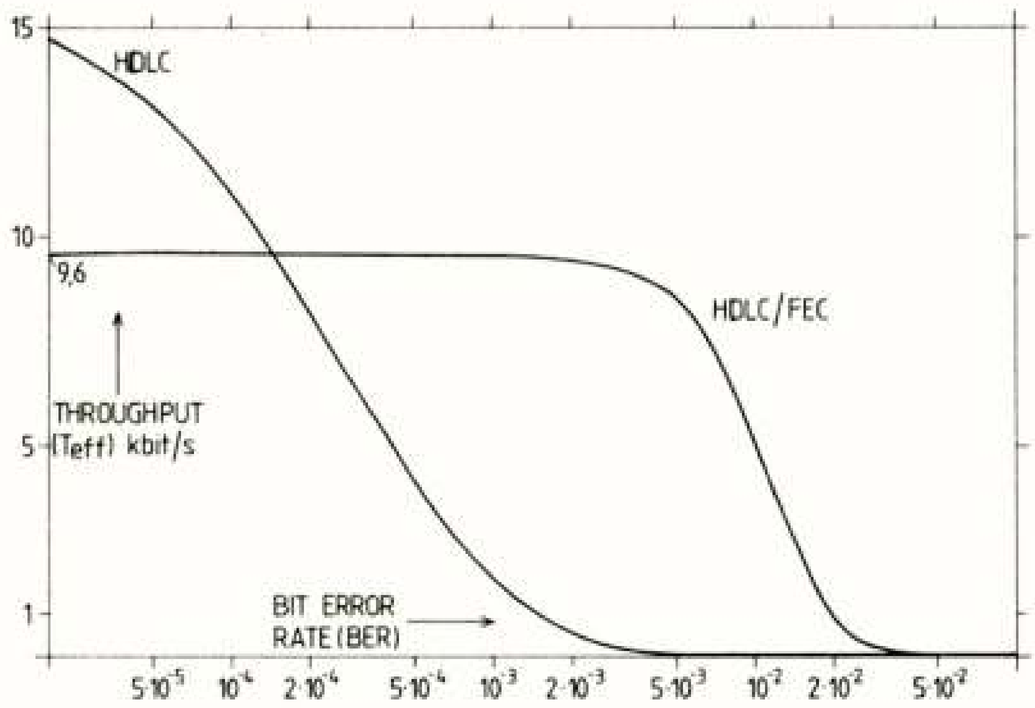


Fig. 10 Throughput als funktie van de BER

Combinatie van HDLC en een FEC-code

Om de HDLC-throughput bij 10^{-3} en 10^{-2} nog een acceptabele waarde te laten aannemen (worst case), wordt bij packet switched verbindingen tussen Eurocom systemen, waarbij op CCITT X.75 gebaseerde protocollen worden gebruikt, het in de voorgaande hoofdstukken beschreven transmissieschema toegepast. Hierbij wordt i.vm. minimale vertraging geen interleaving toegepast (N=0). Op de gateway wordt gebruik gemaakt van een datasnelheid van minimaal 9.6 kbit/s. Het gebruik van de FEC-code is schematisch weergegeven in fig. 11.

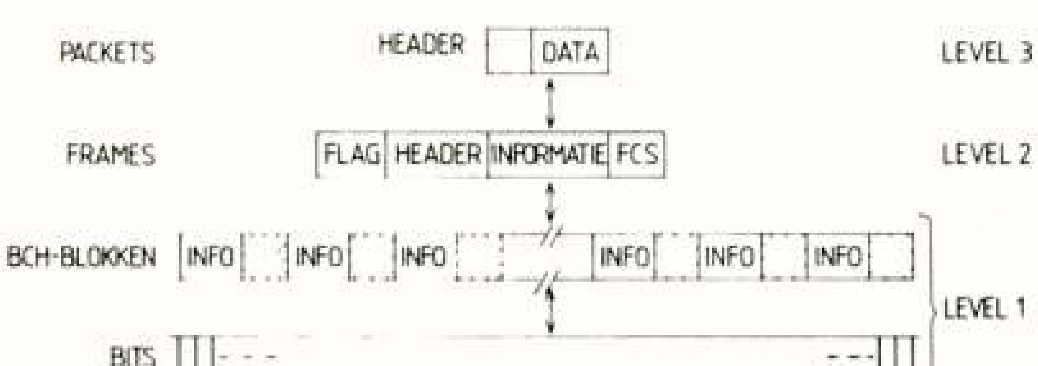


Fig. 11 Schema van level 1, 2 en 3 met FEC-code

Door gebruik van het in fig. 11 weergegeven mechanisme wordt op level 1 een foutverbetering gerealiseerd. Op level 1 wordt nu extra redundantie toegevoegd, waardoor de throughput bij gebruik van één 16 kbit/s kanaal gelijk wordt aan:

$$T_{eff} = \frac{18}{30} \times T \times 16 \text{ bit/s} = 9.6 \times T \text{ kbit/s}$$

Dit geldt als wordt gewerkt met een effektieve transmissiesnelheid van 9.6 kbit/s op level 1. De kans dat een level 2 frame korrekt wordt ontvangen, wordt door toepassing van de FEC-code vergroot. Als we de flag buiten beschouwing laten, zijn voor de verzending van elk frame 60 BCH blokken nodig (18 informatiebits per blok). Daarmee wordt de kans op een goed frame:

$$P(\text{frame goed}) = (1 - P(F))^{60};$$

P(F) is reeds eerder berekend.
Hierbij is aangenomen dat een BCH-blokfout overeenkomt met één of meer fouten in de 18 informatiebits van dat blok. Gebruikmakend van fig. 3 en bovengenoemde formule kan P(frame goed) als funktie van de BER bepaald worden. Vervolgens kunnen T en T_{eff} als funktie van de BER berekend worden. Het resultaat voor HDLC/FEC is eveneens in fig. 10 weergegeven. We constateren dat bij lage BERs de maximaal haalbare throughput is gedaald tot 9.6 kbit/s door toevoeging van redundantie op level 1. Bij hoge BERs (10^{-3} tot 10^{-2}) is de throughput echter beduidend hoger dan in het geval van alleen HDLC.

LITERATUUR

[1] Eurocom, Tactical Communication Systems, basic parameters (D/1), september 1982.

[2] P. van der Vlist, "Zodiac, een Eurocom netwerk", Tijdschrift van het NERG, deze uitgave.

[3] W.W. Peterson, Error-Correcting Codes, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA 1961.

[4] ISO, Reference Model of Open Systems Interconnection, ISO/TC97/SC16, 1979.

[5] CCITT Yellow Book, Volume VIII.3, Recommendation X.75, Geneva 1981.

Voordracht gehouden tijdens de 320e werkvergadering.

ADAPTIVE ANTENNA ARRAY FOR COMMUNICATIONS: A COMPUTER SIMULATION

Dr.Ir. E.C. van Ballegooyen
Physics Laboratory TNO

Conventional signal reception systems are susceptible to degradation in performance because of the presence of noise and interference signals. Adaptive arrays may be useful to enhance desired signal reception by automatically rejecting the interference signals. In this paper we will discuss the improvement of the performance of an amplitude modulated UHF communication system by applying a six-element narrowband circular adaptive antenna array, based on the feedback concept introduced by Widrow. This feedback concept requires an unmodulated reference signal. Computer simulations show that a considerable improvement of the performance of a communication system can be attained by applying an adaptive antenna array instead of a conventional single-element antenna, provided certain conditions are satisfied. The most important conditions are: the angular separation between the desired signal and the interference should be larger than the angular resolution of the antenna array, the difference between the carrier frequency of the desired signal and the frequency of the reference signal should be less than the feedback loop bandwidth, while the reverse should hold for the difference between the carrier frequencies of the desired signal and the interference.

1. INTRODUCTION

Conventional signal reception systems are susceptible to degradation in performance because of the presence of noise and interference signals (jammers), which intrude via the antenna. Adaptive antenna arrays may offer a possible solution to this problem. During the 1960's the key capability of adaptive interference rejection was recognized and developed by several investigators (Van Atta-1959, Howells-1965, Applebaum-1966, Widrow-1967). Since that time the technology of adaptive arrays has been developed to the point where the arrays are now finding applications in various areas, such as seismology, radar, sonar and communication systems.

The utility of adaptive arrays lies mainly in their ability to reject interference signals automatically by exploiting the difference between the spatial and temporal properties of the desired signal and the interference. Moreover, they are able to adapt themselves dynamically to slowly varying interference environment, which is a very useful property in practical applications. The possibility of applying two and four-element linear adaptive antenna arrays for amplitude modulated (AM) communition systems was already investigated (Riegler-1973; Compton-1976).

In section 2 the basic structure of an adaptive array is discussed. Section 3 is devoted to the feedback concept. The improvement of the performance of the adaptive array as compared to a conventional antenna is theoretically investigated in section 4. The results of computer simulations are discussed in section 5. Section 6 will conclude the paper.

2. BASIC STRUCTURE

The basic structure of an adaptive array consists always of three main parts: an array of N elements, a real-time adaptive processor and a pattern-forming network (see fig. 1). The pattern-forming network consists of N complex weights, which are controlled by the processor.

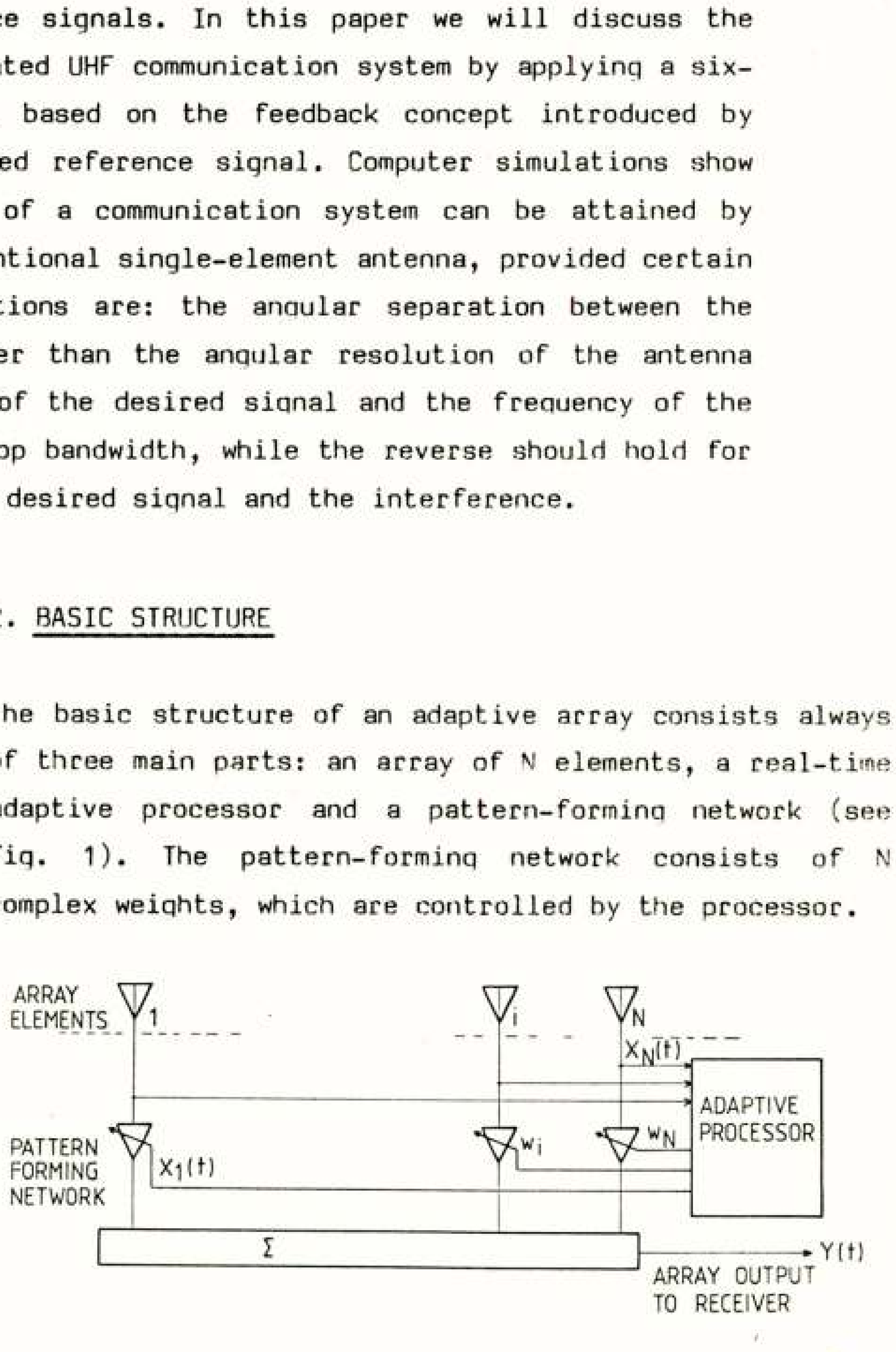


Fig. 1 Basic structure of an adaptive antenna array

The output of the array is obtained by summing the weighted output signals of the sensors. The operation of an adaptive array can be most easily visualized by considering the response in terms of the antenna pattern. Interference cancellation is obtained by continually adapting the antenna pattern such that a low antenna gain is given to interference signals, while maintaining adequate gain to the desired signal. The process of automatic interference cancellation by adapting the shape of the antenna pattern is called "adaptive nulling". This shape is determined by the weight settings, which are adjusted by the adaptive processor. In the next subsections we will discuss the main parts in more detail.

2.1 Array of sensor elements

The number of elements N and their spatial distribution, the array geometry, can vary widely according to specific requirements. Since the signals may arrive at the antenna from all directions, it is obvious to choose an N-element circular array, radius R, with equal inter-element spacing, d. The elements are assumed to be identical and omni-directional. Further, we will only consider AM-signals at UHF, say with an average carrier frequency f = 300 MHz, i.e. corresponding wavelength λ = 1 m.

If the desired signals and the interference are incident on the array from a narrow angular sector, it is evident that a high angular separation is desirable in order to create an antenna pattern null in the jammer direction, while not degrading the array gain in the desired signal direction. The minimum angle for which this is still possible is called the angular resolution of the array. It is well known that high angular resolution is obtained by increasing N and d. However, large inter-element spacing d as compared to the wavelength λ of the signals causes grating lobes to be formed, which are undesirable for beam-forming applications (Ishide-1980).

The precise antenna geometry design depends on a number of considerations: 1) the number of elements N should be larger than the maximum number of jammers to be expected, 2) the desired angular resolution, determined by N and d (or R): 3) the avoidance of grating lobes, determined by $\gamma = R/\lambda$; 4) the maximum dimensions of the array, which are in most practical situations severly limited, because of mechanical-mounting requirements. It is beyond the scope of this paper to discuss the considerations which lead to the array geometry as is used in the computer simulations (fig. 2). Throughout this paper we used a 6-element circular antenna, N = 6, designed for a signal frequency of 300 MHz, with $\gamma = R/\lambda$ = 0.5, i.e. R = 0.5 m.

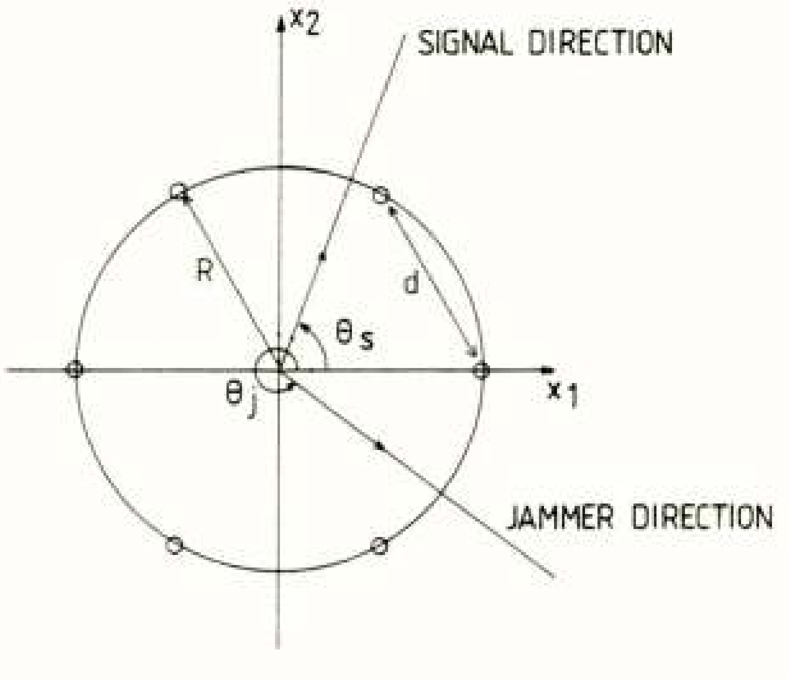


Fig. 2 The antenna geometry. The small circles represent the six elements, N = 6. The radius of the array R = 0.5 m.

2.2 Pattern-forming network

The pattern-forming network consists of N complex weights, implying amplitude and phase control. As long as the signals are narrowband, that is, can be adequately described by a single frequency, it will suffice to have one weight in each channel. However, for broadband signal processing each sensor has to be followed by a transversal filter usually realized with a tapped-delay line. Because the weight settings determine the shape of the antenna pattern, this part is called pattern-forming network.

2.3 Adaptive processor

The adaptive processor continually adjusts the weights such that the interference signals are automatically cancelled. To this end the processor requires a criterion to decide whether a signal that enters the antenna can be considered as a desired or as an interference signal. There exist a number of such criteria. The principles of two criteria are given below.

First, the desired signal direction is known a priori. It is assumed that all signals arriving from other directions are interference and have to be cancelled. This approach leads to a so-called Maximum Signal-to-Noise Ratio (MSNR) antenna, because the weights are adjusted such that the SNR of the array output signal is maximized (Applebaum-1966). This is the classic adaptive antenna.

The second criterion requires a reference signal, which ideally matches the desired signal. In fact, it is impossible to generate such a signal: in that case there would be no need for a receiver. However, it was shown (Riegler-1973) that in case of narrowband AM signals a suitable reference signal will be a CW signal at the carrier frequency of the desired signal, i.e. we may characterize the narrowband AM-signals by their carrier frequencies. This approach thus requires a priori information about the carrier frequency of the desired signal. It is now assumed that all signals having other carrier frequencies than the reference frequency are interference and have to be cancelled. This approach leads to a so-called Minimum Mean Square Error (MMSE) antenna, because the weights are adjusted such that the power (=MSE) of an error signal, which is defined as the difference between the array output signal and the reference signal, should be minimized (Widrow-1967).

Although these methods seem to be quite different one can show that they are closely related (Monzingo-1980). It is obvious that using the first method one cannot in principle distinguish between signals arriving from the same direction. However, this is not of great importance, since both methods require that the angular separation between the desired and the interference signal is larger than the angular resolution. In case of an MMSE antenna it is not possible to cancel an

interference with a carrier frequency equal to the reference frequency, even if the angular separation between desired signal and interference is larger than the angular resolution.

In conclusion, it depends on the a priori information about the signal environment which type of antenna, MSNR or MMSE, can be applied. In our case, we will assume that the carrier frequency of the desired signal is known a priori, so we apply an MMSE antenna. The next section presents a survey of the most important features of an MMSE antenna and the associated feedback concept.

3. MINIMUM MEAN SQUARE ERROR ANTENNA

The basic scheme of an MMSE antenna is given in fig. 3.

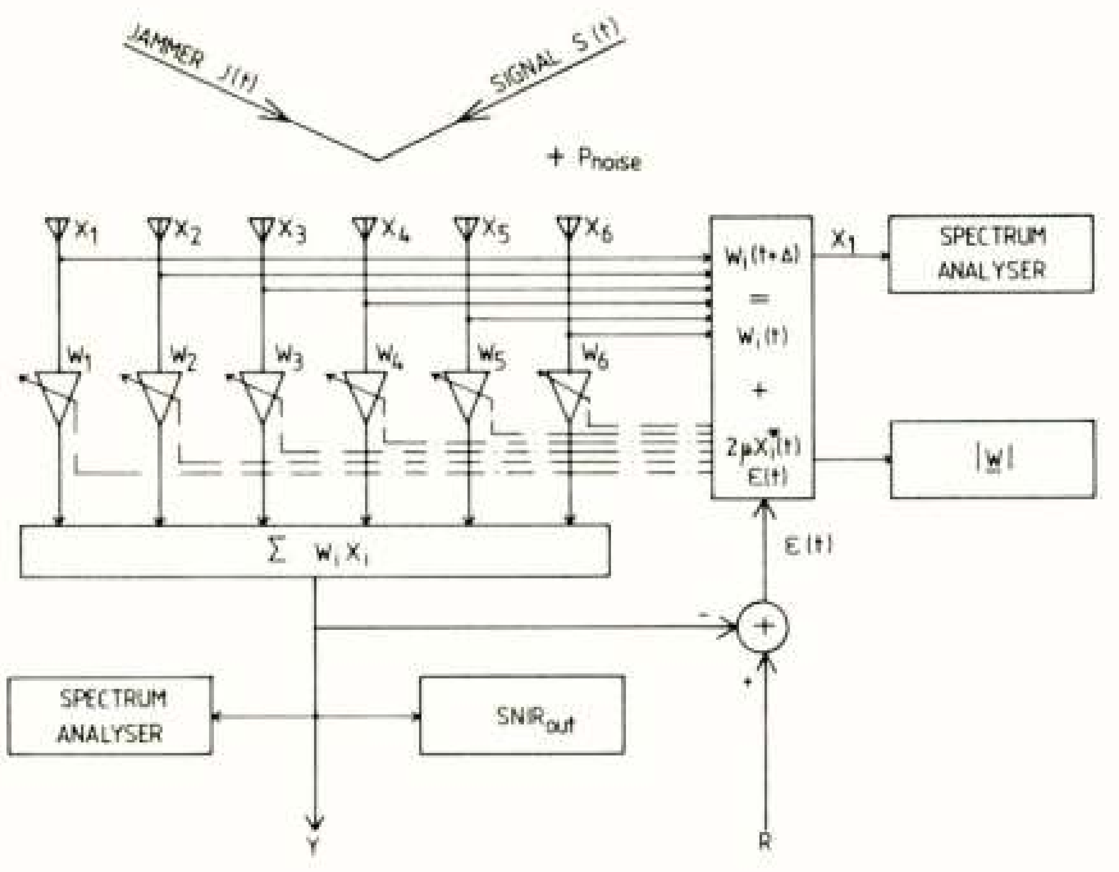


Fig. 3 Scheme of an MMSE antenna. For the meaning of the symbols, see text.

The input signal vector $\underline{X}$ is defined as $\underline{X} = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)^T$, where x_i is the output of element i, and ^{T} denotes the transpose. Throughout we will use the complex signal representation, i.e. x_i is complex. The input signal vector may consist of components of the desired signal s(t), jammer j(t) and noise. The output of the array Y(t) is given by the weighted sum,

$$Y = \underline{W}^T \underline{X} = \underline{X}^T \underline{W}. \tag{1}$$

The error signal $\varepsilon(t)$ is defined by

$$\varepsilon(t) = R(t) - Y(t) = R - \underline{X}^T \underline{W}, \tag{2}$$

where R(t) is the reference signal at frequency equal to the carrier frequency of s(t). The MSE-criterion states that the power of the error signal P_ε should be minimized by adjusting $\underline{W}$. It was shown (Widrow-1975) that P_ε is minimal, provided

$$E\{\varepsilon \underline{X}^*\} = \underline{0}, \tag{3}$$

where E denotes expectation and * the complex conjugate. This is the well-known Wiener-Hopf equation. The solution for the optimal weight vector, the Wiener solution, can be easily found by substituting Eq. (2) into (3),

$$\underline{W}_{opt} = \Phi^{-1} \underline{S}, \tag{4}$$

where $\Phi = E\{\underline{X}^* \underline{X}^T\}$, is the auto-correlation or covariance matrix (for zero-mean signal processes), and $\underline{S} = E\{R\underline{X}^*\}$ is the cross-correlation vector between the input signals and the reference signal.

Essentially, we can calculate $\underline{W}_{opt}$ from Eq. (4). This approach is called the Direct Matrix Inversion or Sampled Matrix Inversion (DMI/SMI) method (Horowitz-1979, 1980). This method can adjust the weights very fast. However, it requires a large amount of electronic circuitry, and since there is no feedback control it is necessary to calculate and apply the weights with high accuracy (Reed-1974). Further, computational problems may arise due to inverting an ill-conditioned matrix.

Another approach is to find approximate solutions for $\underline{W}_{opt}$. The attractivity of this approach results from the property that P_ε is a quadratic function of $\underline{W}$, so P_ε has only one absolute minimum and no saddle points. Therefore it is simple to find the minimum of P_ε using gradient-based algorithms. Here we will apply the Least Mean Squares (LMS) algorithm, based on the method of steepest descent. The weights are adjusted by an amount proportional to the estimated gradient of P_ε, which is proportional to the correlation $E(\varepsilon \underline{X}^*)$ between ε and $\underline{X}$. In the LMS algorithm the momentary value of $\varepsilon \underline{X}^*$ is simply taken for the correlation estimate. This algorithm in its complex formulation is given by (Widrow-1975),

$$\underline{W}_{t+\Delta} = \underline{W}_t + 2\mu\, \varepsilon_t \underline{X}_t^*, \tag{5}$$

where $\underline{W}_{t+\Delta}$ and $\underline{W}_t$ represent the weight vectors at time $t+\Delta$, and t, respectively. μ is a stepsize parameter. It can be shown that the convergence of the algorithm is guaranteed if $0 < \mu < P_{in}$, where P_{in} us the total input power of the signals entering the array. The time step Δ between the successive iterations usually corresponds with the sample time, determined by the sample frequency, i.e. $\Delta = 1/f_{sam}$.

The advantages of the LMS method as compared to DMI/SMI are: it is a feedback system and therefore less sensitive to drifts and nonlinearities, it requires simple electronic circuitry, and it can be implemented in either digital or analogue form. One of the disadvantages is the low speed of response. These systems converge to the Wiener solution (Griffiths-1967) with time constants that strongly depend on μ and the desired signal power, provided the input is sufficiently stationary with

respect to the relevant time constants of the feedback loop.

Before we will discuss the results of computer simulations of an adaptive antenna array, based on the LMS feedback loop, we present some theoretical results on the performance.

4. PERFORMANCE

The MMSE antenna minimizes P_ε. Although one could express the performance of the array in terms of P_ε, it is more obvious to express the performance in terms of SNR's, since these are of interest for the user. The improvement of the performance is given by the ratio of the signal-to-interference plus noise-ratio of the array output and the input signals, i.e. $V = SNIR_{out}/SNIR_{in}$. Because $SNIR_{in}$ can be considered as the SNIR of the output signal of a conventional single-element antenna V is a measure for the improvement of the performance of an adaptive array with respect to a conventional antenna.

The following signals may enter the array: a desired AM signal s(t), having total power P_s at carrier frequency f_{sig}, an interference AM-signal j(t), with total power P_j at carrier frequency f_{jam}. In addition, each element produces complex Gaussian white noise with power P_n. We define the following quantities: $SNR_{in} = P_s/P_n$, $INR_{in} = P_j/P_n$, and $SNIR_{in} = SNR_{in}/(1+INR_{in})$.

For certain signal environments it is possible to calculate $SNIR_{out}$. We will assume that $\underline{W} = \underline{W}_{opt}$, $f_{sig} = f_{ref}$, and $f_{sig} \neq f_{jam}$, then $SNIR_{out}$ is given by

$$SNIR_{out} = N \cdot SNR_{in} \; \frac{1 + N.INR_{in}(1-|\beta|^2)}{1 + N.INR_{in}}, \qquad (6)$$

where $\beta = 2\left|\cos A + 2\cos\frac{1}{2}A\,\cos\frac{1}{2}\sqrt{3}\,B\right|/N$, $A = \pi[\cos\theta_s - (f_{jam}/f_{sig})\cos\theta_j]$, and $B = \pi[\sin\theta_s - (f_{jam}/f_{sig})\sin\theta_j]$. Note that the expressions for β, A and B apply only to a six-element circular antenna with equally spaced elements, and $\gamma = R/\lambda = 0.5$. In practical situations, where $f_{jam}/f_{sig} \approx 1$, β depends almost only on the angular separation $|\theta_{sj}|$. Further, it appears that $\beta \ll 1$, provided $|\theta_{sj}| > \theta_r$, where θ_r is the angular resolution. For our specific array geometry θ_r proved to be approx. 20°. When $|\theta_{sj}| > \theta_r$, $SNIR_{out}$ reaches its maximum value $SNIR_{out,max}$, which follows from Eq. (6) with $\beta \ll 1$,

$$SNIR_{out,\,max} = N.SNR_{in}. \qquad (7)$$

Eq. (7) reveals that the maximum obtainable $SNIR_{out}$ depends only on the SNR_{in}. The improvement of the performance V is usually expressed in decibels, and given by

$$V = {}^{10}\!\log(SNIR_{out}/SNIR_{in}).\ [\mathrm{dB}] \qquad (8)$$

The maximum improvement V_{max} is reached when $|\theta_{sj}| > \theta_r$, and is given by

$$V_{max} = {}^{10}\!\log N + {}^{10}\!\log(1 + INR_{in}).\ [\mathrm{dB}] \qquad (9)$$

Eq. (9) shows that V_{max} depends only on INR_{in}. In fig. 4 an example of the improvement V is presented as a function of θ_{sj}.

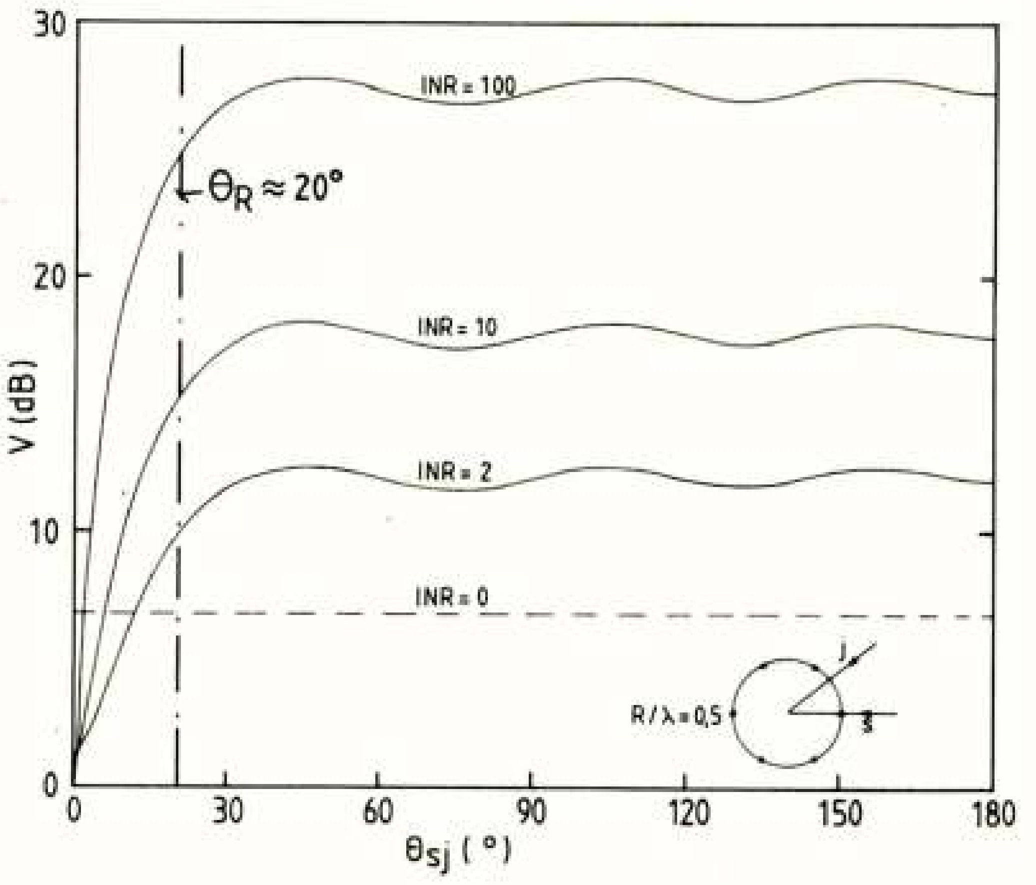


Fig. 4 The improvement V (dB) of a 6-element circular array as a function of θ_{sj} for 4 values of INR_{in} = 0, 2, 10, 100. $\theta_s = 0°$; f_{jam}/f_{sig} = 1.000005.

Fig. 4 shows that the angular resolution $\theta_r \approx 20°$ and nearly independent of INR_{in}.

In the above we assumed a steady state, i.e. $\underline{W} = \underline{W}_{opt}$. Therefore, no conclusions can be drawn about the transient response of the system. This transient response may be of importance for operational conditions. With the help of the computer simulations, which are presented in the next section, this subject is investigated.

5. SIMULATIONS

The computer simulations have been performed using the scheme given in fig. 3. The computer calculates the power density spectra (PDS) of the input signal on element 1, and of the output signal Y of the array, the length of the weight vector $|\underline{W}|$ and the $SNIR_{out}$. Note that the momentary values of $|\underline{W}|$ and $SNIR_{out}$ are calculated. Throughout the simulations, unless otherwise mentioned, we use the following data:

1) The various signals are sampled with f_{sam} = 40 kHz, covering a bandwidth of 20 kHz.
2) The time step Δ is equal to the sample time, i.e. Δ = 2.5 µs.
3) The initial weight vector at t=0 is always $\underline{W}(t=0) = \underline{0}$.

4) To calculate the PDS 1000 samples are used, implying a spectral resolution of 40 Hz.

5) The AM-signals, $s(t)$ and $j(t)$, are complex zero-mean Gaussian signals with prescribed PDS (see fig. 5a).

6) Each element produces Gaussian white noise, power P_n.

7) We restrict ourselves to one jammer.

8) The desired signal and interference arrive at the array with $\theta_s = 0°$ and $\theta_j = 90°$, respectively.

To investigate the effect of a parameter, this parameter is varied, while the others are fixed. The following parameters have been varied: θ_{sj}, μ, P_s, P_n, P_j, $f_{sig}-f_{jam}$ and $f_{sig}-f_{ref}$.
Below we will shortly discuss the effects of these parameters on the system.

I/. angular separation $\theta_{sj} = |\theta_s - \theta_j|$

The results of these simulations proved to be in agreement with the theoretical results, according to section 4. The results show that when the values of $|\theta_{sj}| > 20°$, the angular resolution, the $SNIR_{out}$ equals approximately its maximum value $SNIR_{out,max}$. The transient time Tt proved to be about 0.1 s ($\mu = 10^{-4}$, $P_s = 1.19$). Both quantities, $SNIR_{out}$ and Tt, appeared to be nearly independent of $|\theta_{sj}|$, provided $|\theta_{sj}| > 20°$. If $|\theta_{sj}| < \theta_r$, the $SNIR_{out}$ decreases, while the Tt increases.

II/. stepsize μ

The stepsize μ was varied between $\mu = 10^{-5}$ and $\mu = 5000 \times 10^{-5}$. We will illustrate the effects of increasing μ with the help of fig. 5, where the PDS of the array output, $|W|$ and $SNIR_{out}$ are given for $\mu = 10^{-4}$ and $\mu = 10^{-3}$. In figs. 5 a, b, and c the PDS reveal clearly that AM signals are involved by the occurrence of the carrier frequencies and the side-bands.
Comparing the input (5a) and the output PDS (5b, c) illustrates that the jammer has been completely cancelled Figs. 5d and 5e show that the transient time is approx. inversely proportional to μ: $\mu = 10^{-4}$, Tt ≈ 60 ms; $\mu = 10^{-3}$, Tt ≈ 6 ms. Slow adaptation results in a

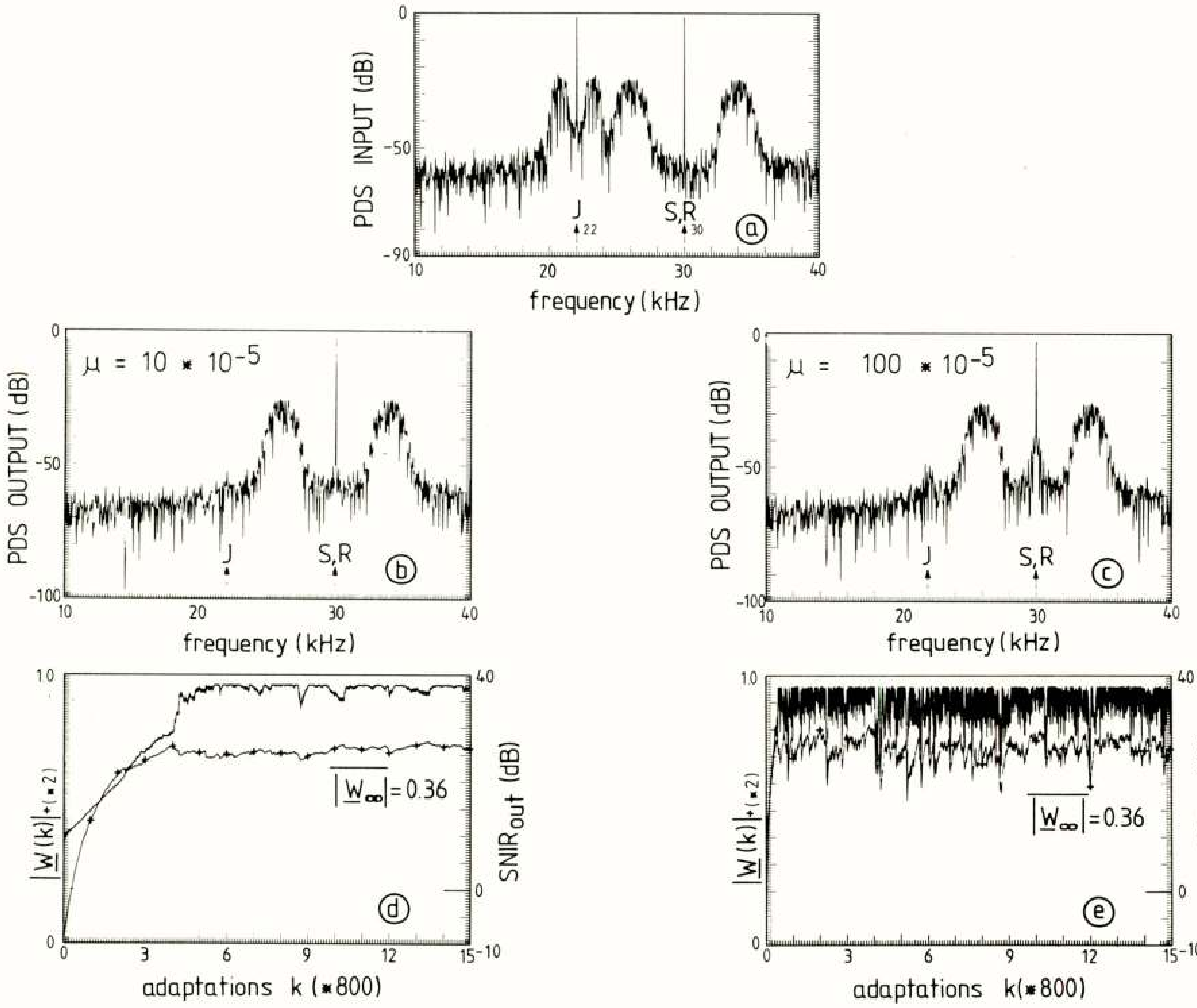


Fig. 5 The PDS of the input signals (fig. 5a), of the array output signal after 11000 adaptations ($\mu = 10^{-4}$, fig. 5b; $\mu = 10^{-3}$, fig. 5c), the length of the weight vector $|\underline{W}(k)|$ and the $SNIR_{out}$ as a function of the number of adaptations ($\mu = 10^{-4}$, fig. 5d; $\mu = 10^{-3}$, fig. 5e). The marked curves (+) represent $|\underline{W}(k)|$.

quiet weight vector, while in case of fast adaptation the weight vector becomes rather noisy. However, the value of $\overline{|\underline{W}_\infty|}$ is not affected, $\overline{|\underline{W}_\infty|} \approx 0.36$. Due to the noise in the weight vector the $SNIR_{out}$ becomes very noisy, which results in a lower average value of $SNIR_{out}$, i.e. about 3 dB. Another effect of fast adaptations is that intermodulation products will disturb the array output. This effect is shown in fig. 5c, where the PDS is disturbed around the carrier frequency of the desired signal. One may conclude that it is very important to choose μ so that fast adaptation is avoided, because it will decrease the performance of the system (see also IV).

III/. frequency difference $\Delta f = f_{sig} - f_{jam}$

For values $|\Delta f| > B$, where B is the feedback loop bandwidth, the $SNIR_{out}$ appeared to reach its maximum value $SNIR_{out,max}$, implying cancellations of the jammer. The length of the weight vector and the noise in $|\underline{W}|$ proved to be nearly independent of Δf. B turned out to be approx. 200 Hz, which should be a number of times the feedback loop bandwidth (see also VI).

IV/. signal/jammer power P_s/P_j

We illustrate this influence on the performance, because it reflects some of the characteristic features of the LMS method. The length of the weight vector $|\underline{W}(k)|$ and $SNIR_{out}$ are given in figs. 6a ($P_s = 1.19$, $P_j = 1.07$), 6b ($P_s = 9.53$, $P_j = 1.07$), and 6c ($P_s = 1.19$, $P_j = 8.58$).

Fig. 6b shows that increasing P_s results in increased adaptation speeds, while $\overline{|\underline{W}_\infty|}$ has decreased.

From a large number of observations it was observed that $\overline{|\underline{W}_\infty|}$ satisfies

$$\overline{|\underline{W}_\infty|} \propto (A_{ref}/\sqrt{P_s})(1 + P_n/N.P_s)^{-1}, \tag{10}$$

where A_{ref} is the amplitude of the reference signal. Because the $SNIR_{out,max}$ depends on $SNIR_{in}$, it is obvious that for increasing P_s the $SNIR_{out,max}$ increases (according to Eq. 7). Due to the increased adaptation speed, however, the noise in $|\underline{W}|$ is increased and thus the noise in $SNIR_{out}$ (compare fig. 6a and 6b). The fact that the adaptation speed depends on P_s is one of the difficulties in applying the LMS method, since avoiding fast adapation is recommended to avoid intermodulation products (see also II). Fig. 6c shows that the length of the weight vector and the transient time of the weight vector are independent of P_j. The noise in $SNIR_{out}$ increases due to the fact that P_j is increased.

V/. noise power P_n

Increasing P_n results in a lower $SNIR_{in}$ and therefore the $SNIR_{out}$ will decrease, according to Eq. 7. For extreme low $SNIR_{in}$ the system cannot operate properly, since the side-bands of the signals are drowned in the noise.

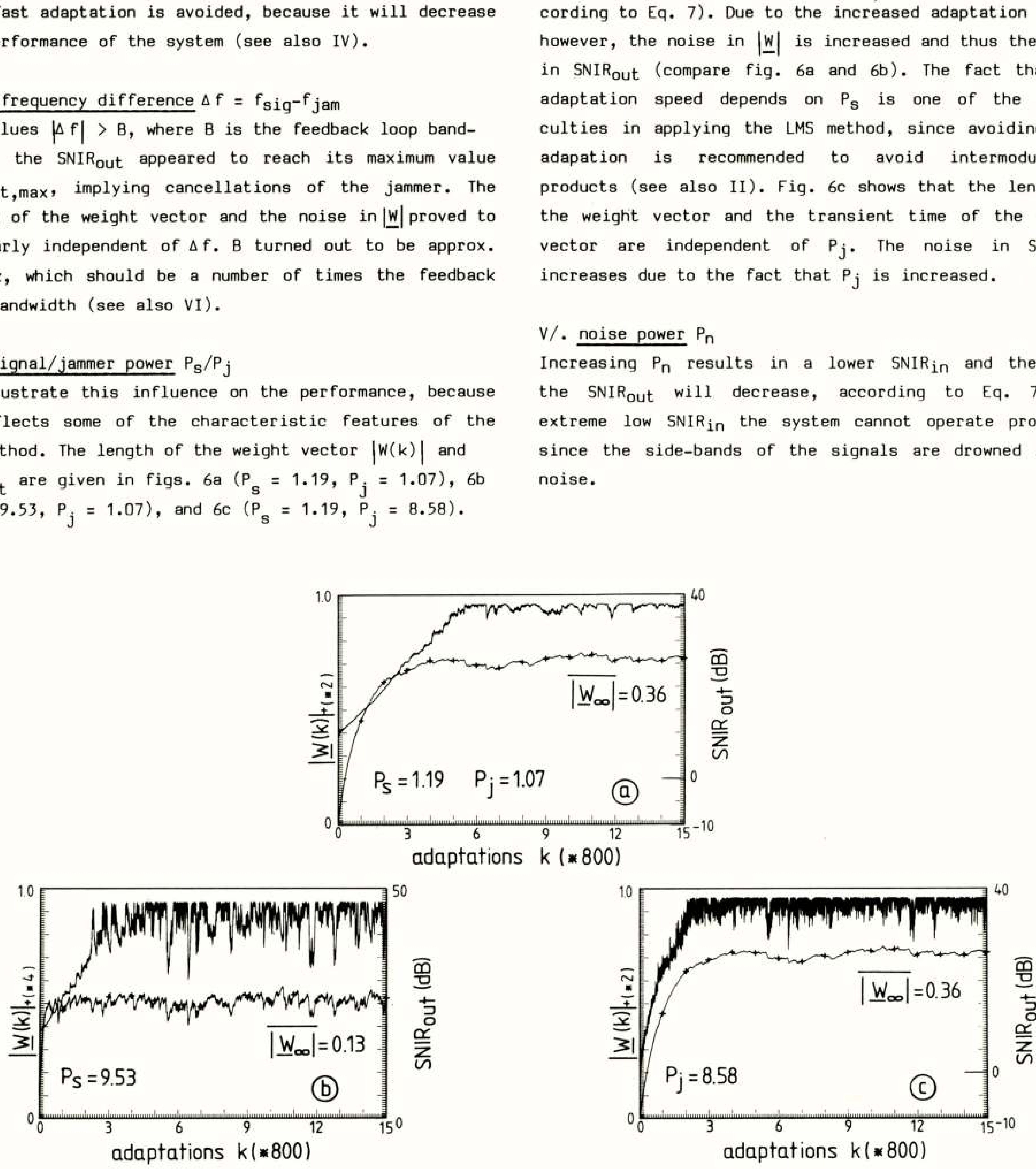


Fig. 6 The length of the weight vector $|\underline{W}(k)|$ (marked curves, +) and the $SNIR_{out}$ as a function of the number of adaptations for three cases: $P_s = 1.19$, $P_j = 1.07$ (fig. 5a); $P_s = 9.53$, $P_j = 1.07$ (fig. 6b); $P_s = 1.19$, $P_j = 8.58$ (fig. 6c).

VI/. frequency difference $\Delta f = f_{sig}-f_{ref}$

The simulations demonstrate that even for very small frequency differences $\Delta f \approx 40$ Hz, system performance remains poor, because the array output power strongly decreases. This is due to the fact that the feedback loop bandwidth B is very small. A very rough estimate of B may be $B \approx 1/Tt$, which results in $B \approx 10$ Hz for $Tt \approx 0.1$ sec. It was shown that increasing μ, $\mu \propto 1/Tt$, results indeed in a larger B. However, in that case the weight vector becomes so noisy, that intermodulation products will disturb the array output. Further it turned out that B can be increased by applying higher sample frequencies. The system will operate properly only if the frequency difference $\Delta f = |f_{sig}-f_{ref}|$ will be less than the feedback loop bandwidth.

6. CONCLUSIONS

The adaptive antenna array based on Widrow's feedback concept provides excellent interference cancellation, provided:

1. The angular separation between desired and interference signals is larger than the angular resolution (for our array geometry ≈ 20°).
2. The carrier frequency of the desired signal and the frequency of the reference signal differ less than the feedback loop bandwidth (B is estimated at ≈ 10 Hz).
3. The carrier frequencies of desired and interference signals differ a number of times the feedback loop bandwidth (say, 200 Hz).
4. The input-signal-to-noise ratio is not too low.

   If the transient time is of importance then the stepsize μ should be adapted properly in connection with the power of the desired signal. However, the transient time may not become too short, since it will lower the performance of the system, due to increased noise in the weight vector, which results in disturbing intermodulation products in the array output.

REFERENCES

S.P. Applebaum, "Adaptive arrays", Syracuse Univ. Res. Corp., Rep. SPL TR 66-1, 1966.

R.L. Riegler, R.T. Compton jr., "An Adaptive Array for Interference Rejection", Proc. IEEE vol. 61, 1973 (748-758).

R.T. Compton jr., "An Experimental Four-Element Adaptive Array", IEEE Trans. Ant. Prop., vol. 24, 1976 (697-706).

L.J. Griffiths, "Signal Extraction using Real-Time Adaptation of a Linear Multichannel Filter", Ph.D. Dissertation, Stanford University, Dec. 1967.

P.W. Howells, "Intermediate frequency side-lobe canceller" U.S. Patent 3202990, Aug. 24, 1965 (filed May 4, 1959).

L.L. Horowitz, H. Blatt, W.G. Brodsky, K.D. Senne, "Controlling Adaptive Antennas with the Sample Matrix Inversion Algorithm", IEEE Trans. Aerosp. Electron. Sys., vol. 15, 1979 (840-847).

L.L. Horowitz, "Convergence rate of the Extended SMI Algorithm for Narrowband Adaptive Arrays", IEEE Trans. Aerosp. Electron. Sys., vol. 16, 1980 (738-740).

A. Ishide, R.T. Compton Jr., "On grating Nulls in Adaptive Arrays", IEEE Trans. Ant. Prop., vol. 28 (467-475).

R.A. Monzingo, T.W. Miller, "Introduction to Adaptive Arrays", (Wiley, New York, 1980), p. 436.

I.S. Reed, J.D. Mollet, L.E. Brennan, "Rapid convergence Rate in Adaptive Arrays", IEEE Trans. Aerosp. Electr. Sys., vol. 10, 1974 (853-863).

L.C. van Atta, "Electro magnetic reflection", U.S. Patent, 2908002, Oct. 6, 1959.

B. Widrow, P.E. Mantey, L.J. Griffiths, B.B. Goode, "Adaptive Antenna Systems", Proc. IEEE, vol. 55, 1967 (2143-2159).

B. Widrow, J. Mc.Cool, M. Ball, "The complex LMS algorithm", Proc. IEEE, vol. 63, 1975 (719-720).

Voordracht gehouden tijdens de 320e werkvergadering.

AUTOMATISCH NUL-STURENDE ANTENNESYSTEMEN VOOR NAVSTAR/GPS

Ir. O.B.M. Pietersen
Nationaal Lucht-en Ruimtevaartlaboratorium

A survey is given of null-steering antenna systems which likely will be implemented as part of the user equipment in the Navstar Global Positioning System. These antennas are able to adapt their pattern automatically to a scenario with jammers. They provide for attenuation of jamming signals while trying to continue the reception of the spread spectrum satellite signals. The pros and cons of different techniques are stated.

INLEIDING

Het Navstar GPS, Global Positioning System, is een navigatie systeem in ontwikkeling in de Verenigde Staten. Wanneer het naar verwachting in 1987 operationeel zal zijn, zal het zeer nauwkeurige positie, snelheids- en tijdinformatie verschaffen, in eerste instantie aan militaire gebruikers. Daarnaast kan het systeem ook gebruikt worden voor niet militaire toepassingen, doch dan met gereduceerde nauwkeurigheid.

In principe bepaalt iedere gebruiker, met behulp van zijn ontvanger, de afstand tot vier satellieten, waarvan er 18 in 12-uurs banen rond de aarde cirkelen. Uit deze afstanden, en kennis van de satellietbanen - de gegevens hiervan worden door de satellieten in navigatieberichten uitgezonden - berekent hij zijn positie in drie dimensies tot op zo'n 20 meter nauwkeurig. Bij het bepalen van de afstand tot de satellieten met een nauwkeurigheid van enkele meters wordt gebruik gemaakt van de Spread Spectrum techniek: Pseudo Random Noise codes worden met een bit rate van ca. 10 MHz op de twee gebruikte draaggolven, 1575,42 en 1227,60 MHz, gemoduleerd.

Ofschoon deze Spread Spectrum techniek voor een redelijke bescherming zorgt tegen stoorzenders, heeft men onder bepaalde omstandigheden behoefte aan een hogere immuniteit. Deze kan worden verkregen door gebruik te maken van antennes die hun patroon zodanig automatisch kunnen aanpassen dat jammersignalen worden onderdrukt en/of de satellietsignalen worden versterkt. Deze voordracht beoogt enig inzicht te verschaffen over dit soort antennes in het specifieke geval van Navstar.

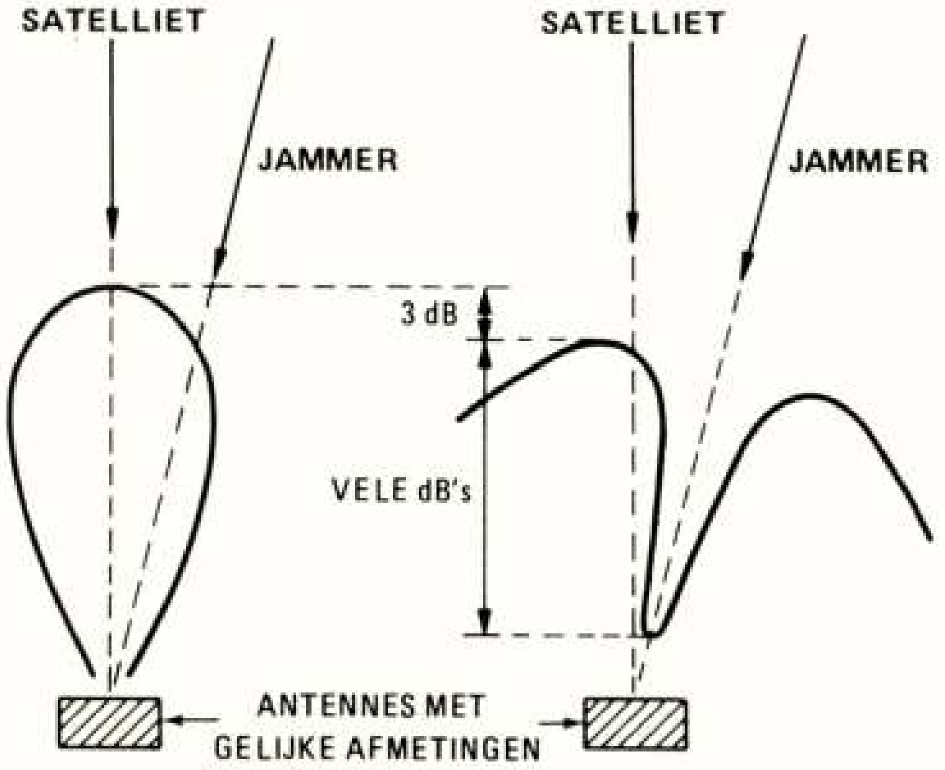


Fig. 1: Vergelijking effect van bundel-sturing en nul-sturing

DE VOORKEUR VOOR NUL-STURING

Globaal gezien bestaan er twee soorten adaptief gestuurde antennes: array antennes met bundel-sturing en array antennes met nul-sturing.

- Bij bundel-sturing worden, gebruikmakend van het gewenste signaal of kennis van de richting waaruit dat signaal wordt verwacht, de amplitudes en fases van de signalen, ontvangen door een aantal elementen van een array, op zodanige wijze veranderd dat maximale antenne winst wordt verkregen naar de signaalbron.
  De winst in andere richtingen wordt laag gehouden.
- Bij nul-sturing wordt juist gebruik gemaakt van het jammersignaal, of van kennis omtrent de richting waarin een jammer wordt verwacht, om een heel lage winst, een nul in het patroon, te creëren in de richting naar de jammer.

Wanneer we voor- en nadelen van beide systemen bekijken is een van de belangrijkste punten dat, in het geval van kleine arrays, het verschil in winst tussen gewenst en ongewenst signaal veel groter kan zijn bij nul-sturing dan bij bundel-sturing. Dit in het bijzonder wanneer de richtingen naar satelliet en jammer dicht bij elkaar liggen. Dit is geïllustreerd in de eerste figuur. In het geschetste geval is de onderdrukking bij bundelsturing slechts 3 dB tegenover wel zo'n 30 dB bij nul-sturing. Andere punten van afweging zijn:

- Mogelijk verlies van gewenst signaal bij nul-sturing doordat wellicht een nul wordt gecreëerd naar de satelliet toe.
- Lage zijlobben bij bundelsturing - zo'n 30 dB - kunnen alleen worden verkregen bij relatief grote arrays om-

dat hiervoor specifieke excitatie verdelingen vereist zijn (Binominaal of Taylorreeksen bijvoorbeeld).

- De winst bij kleine arrays, ca. 10 logn, n = aantal elementen, is gering. De nulling echter kan, in theorie zelfs al bij twee elementen, oneindig zijn.

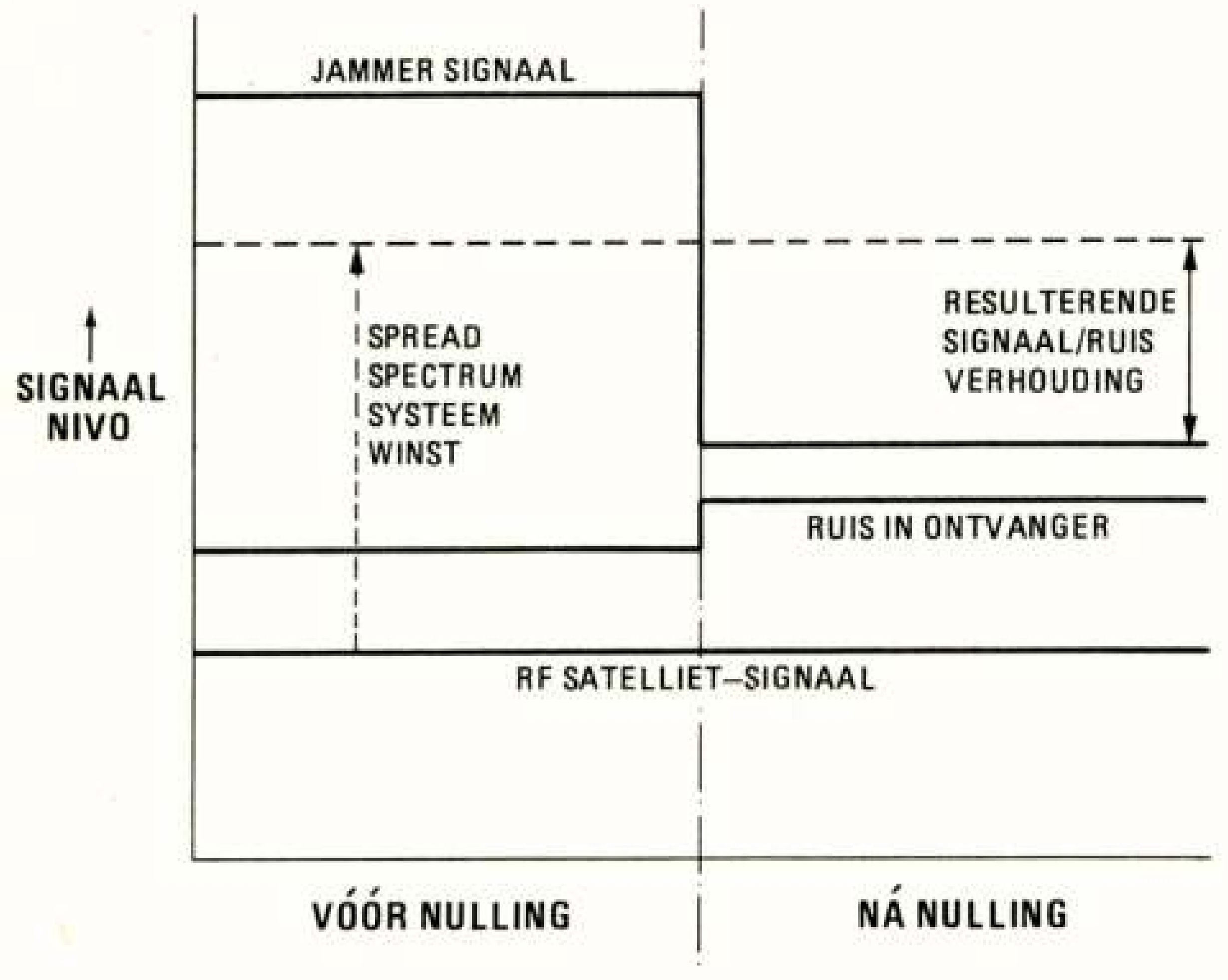


Fig. 2: Overzicht signaal nivo's

In het speciale geval van Navstar gelden nog een aantal argumenten voor nul-sturing:

- Een Navstar gebruiker heeft signalen nodig van vier satellieten, dus in principe moeten vier bundels worden gemaakt in het geval van bundel-sturing. Hiervoor zijn veel meer elementen nodig dan voor het onderdrukken van één of enkele jammers.
- De Navstar signalen zelf liggen, mede door het spread spectrum principe, ver beneden het thermische ruisniveau. Bundelsturing direct gebruikmakend van het hoogfrequentsignaal is dus onmogelijk, terwijl bij nulsturing juist wel van het hoogfrequente jammersignaal gebruik kan worden gemaakt: alle signalen boven het thermisch ruisniveau kunnen als jammer worden beschouwd.

In figuur 2 zijn de onderlinge verhoudingen van de signaal niveaus globaal aangegeven voor een jammersignaal dat zelfs na de bewerkingswinst van het spread spectrum systeem nog groter is dan het satellietsignaal. Bij nulsturing, als aangegeven aan de rechter zijde van de figuur, zal het satelliet signaalniveau in de basisband ongeveer gelijk blijven, de ruis zal iets toenemen doch het jammersignaal zal drastisch kleiner worden. Een voldoend positieve signaal-ruis verhouding kan dan worden verkregen.

Het zal daarom duidelijk zijn dat een adaptief nul-sturende antenne in veel gevallen een aantrekkelijk concept vormt. Veel literatuur verschijnt er dan ook over, zelfs gespecialiseerde boeken (zie de referenties).

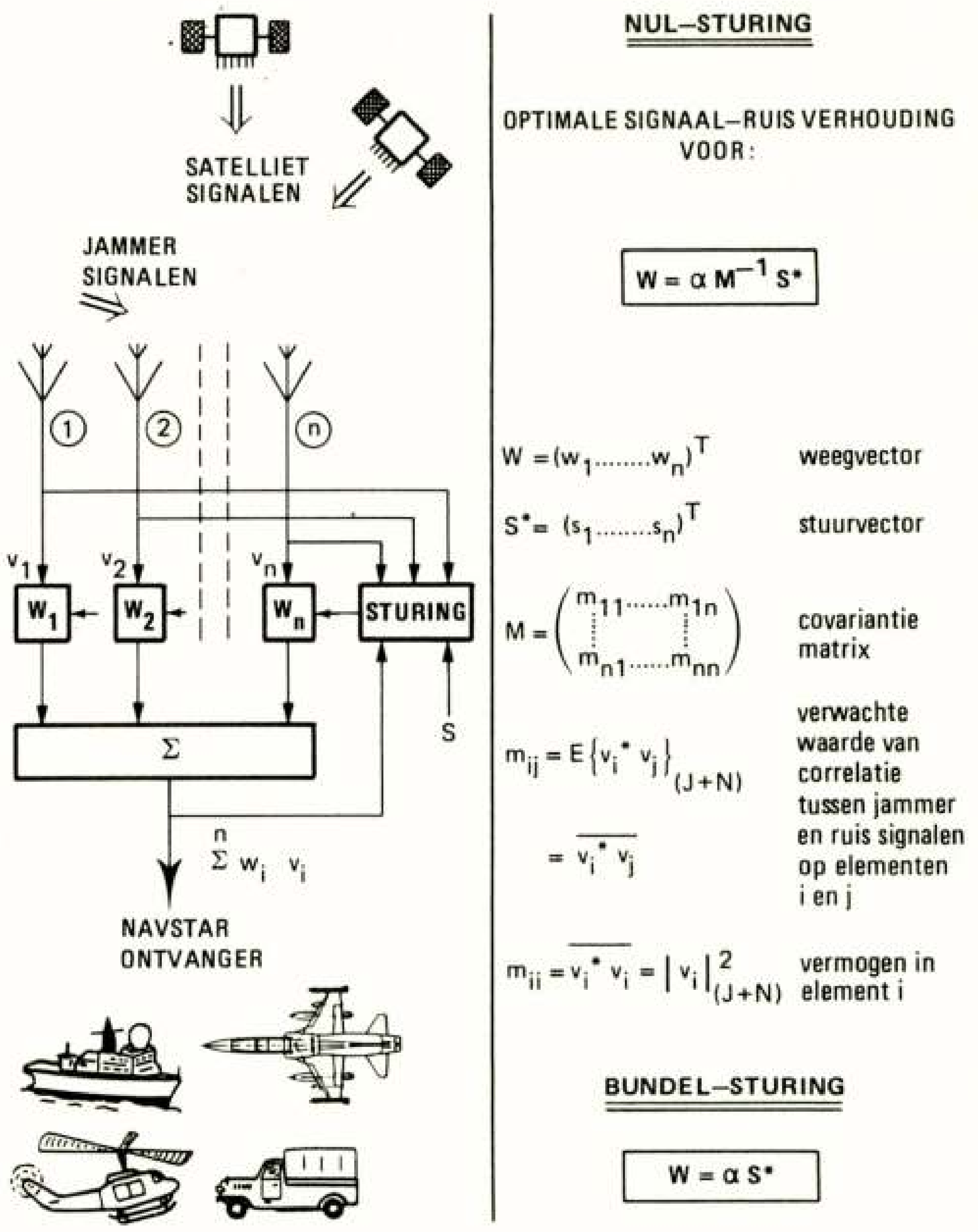


Fig. 3: Adaptieve antenne sturing

OPTIMALE WEEGFACTOREN

Figuur 3 toont de algemene opzet van een adaptieve antenne. Elk van de input spanningen ontvangen door een element, v_i, wordt vermenigvuldigd met een weegfactor, w_i. De nu in amplitude en fase veranderde signalen $v_i * w_i$ worden opgeteld in een summator. Het streven is om in dit somsignaal zoveel mogelijk gewenst signaal over te houden en zo weinig mogelijk jammersignaal te laten bestaan. De fases en amplitudes van de weegfactoren worden berekent in een regelcircuit, aangeduid met sturing, dat gebruik maakt van de inkomende signalen, het somsignaal en een stuursignaal. Welke van deze signalen feitelijk worden gebruikt hangt af van de methode van nul-sturing.

Mathematisch kan worden afgeleid (Monzingo, 1980) dat de optimale weegfactoren, in die zin dat de maximale signaal-ruisverhouding wordt verkregen, voldoen aan de vergelijking als aangegeven in figuur 3:

$$W = \alpha M^{-1} S^* \qquad (1)$$

IMPLEMENTATIE

Drie methoden zullen hier worden bekeken welke alle leiden tot dezelfde optimale weegfactoren.

a. Directe Matrix Inversie methode

In deze methode wordt alleen gebruik gemaakt van meting van de ingangsspanningen: door deze te bepalen kan de matrix M worden geconstrueerd. Na inverteren en vermenigvuldigen met S* levert dit onmiddelijk de optimale weegfactoren op, op de scalar α na.
De betekenis van S wordt duidelijk als we even uitgaan van afwezigheid van jammersignalen. De covariantie matrix heeft dan alleen diagonaal elementen omdat ruisspanningen tussen de elementen ongecorreleerd zijn, geen jammersignalen aanwezig zijn en de satellietsignalen beneden het ruisniveau liggen. Aangezien het ruisvermogen in elk van de elementen gelijk is kan formule 1 nu geschreven worden als:

$$W = \alpha \frac{1}{n} IS^* \qquad (2)$$

waarin I de identiteitsmatrix is en n het ruisvermogen in een element. De vorm van het antennepatroon, bepaald door W en het stralingsdiagram van één element, wordt nu alleen nog beïnvloed door S. In Navstar wil men uiteraard zoveel mogelijk een isotroop antennepatroon: de satellieten kunnen in elke richting staan. S dient hiervoor te zorgen als er geen jammers zijn. Een eenvoudige oplossing is de volgende keuze:
$S^* = (0,0,\ldots,1,\ldots 0)^T$, één actief isotroop stralend element, terwijl de andere dicht staan. In de praktijk betekent dit meestal slechts een stralingspatroon in een halve bol omdat geen echte isotrope stralers bestaan en het voertuig waarop de antenne is gemonteerd naar één zijde afschermt.

Om de hoogst mogelijke absolute winst te krijgen, die moet zorgen voor een zo groot mogelijk ontvangen satellietsignaal moeten de weegfactoren maximaal zijn. Dit betekent dat als de absolute waarde van elke weegfactor kan variëren tussen 0 en 1, op z'n minst één $|w_i|$ gelijk moet zijn aan 1. Dit kan worden bereikt door, na berekening van de weegfactoren met behulp van formule (1), de scalar α als volgt te kiezen:

$$\alpha = \frac{1}{|w_i|_{max}} \qquad (3)$$

b. Steilstehelling methode

Het principe van de steilstehelling methode kan worden beschreven met behulp van de volgende iteratief op te lossen vergelijking:

$$W(k+1) = W(k) - \mu \nabla(k) \qquad (4)$$

waarin

W(k) = weegfactor na de k'de iteratie
W(k+1) = weegfactor na de (k+1)'de iteratie
$\nabla(k)$ = de gradiënt aan het kriterium vlak als W = W(k)
μ = een scalar voor regeling van de stabiliteit en de convergentie.

Het kriterium vlak is het vlak opgespannen door de kriterium waarden als functie van de weegfactoren. In het geval van Navstar is de kriterium waarde het totale uitgangsvermogen. Dit uitgangsvermogen moet minimaal zijn omdat alle signalen boven het ruisniveau beschouwd kunnen worden als jammersignalen.
Bewezen kan worden (Hudson, 1981) dat de gradiënt voldoet aan

$$\nabla(k) = MW(k) - \alpha S^* \qquad (5)$$

waaruit weer volgt dat in rust toestand, dus als W(k+1) = W(k) ofwel $\nabla(k) = 0$, de optimale weegfactoren voldoen aan vergelijking 1.
De vergelijkingen 4 en 5 leiden tot:

$$W(k+1) = W(k) - \mu\{MW(k) - \alpha S^*\} \qquad (6)$$

In elke iteratie wordt de weegfactor dus veranderd met een variabel gedrag $\mu MW(k)$ dat voor de i-de component van vergelijking 6 kan worden geschreven als:

$$\mu(\overline{v_i^* v_1 w_1} + \overline{v_i^* v_2 w_2} + \ldots \overline{v_i^* v_n w_n}) = \mu \overline{v_i^* \sum_{i=1}^{n} v_i w_i} \qquad (7)$$

Deze uitdrukking is juist de correlatie tussen het ingangssignaal van het i-de antenne element en het totale uitgangssignaal: als deze correlatie nul is zal de weegfactor voor het i-de element niet meer veranderen.

Vergelijking 7 laat ook zien dat de stapgrootte, en dus de convergentie snelheid, afhangt van μ en het ingangssignaal. De beste keuze voor μ zal dus afhangen van dat ingangssignaal. Indien een bepaalde μ geschikt is voor een bepaald ingangssignaal zal de convergentie minder snel zijn indien dat signaal kleiner is. Daarom wordt vaak een zekere vorm van begrenzing toegepast op de spanning v_i^* en wel door middel van automatische volume regeling:

$$\mu' = \frac{\mu}{|V|} \qquad (8)$$

Een andere methode lijkt evenzeer attractief: de waarde van μ zou afhankelijk gemaakt kunnen worden van het ingangsvermogen:

$$\mu' = \frac{\mu}{|V|^2} \qquad (9)$$

In het hierna volgende voorbeeld is het effect van beide methoden aangestipt.

c. Perturbatie methode

Methodes gebaseerd op weegfactor perturbatie lossen weer een iteratieve vergelijking op met dezelfde vorm als vergelijking 4. Het verschil ligt aan de wijze waarop de gradiënt wordt bepaald: niet de correlatie tussen in- en uitgangssignaal is maatgevend, doch de verandering in uitgangssignaal als de weegfactoren met opzet enigszins worden veranderd. Om te voorkomen dat ook het gewenste signaal wordt genuld, dient een replica daarvan, of de beste schatting ervan, eerst van het uitgangssignaal te worden afgetrokken, en het resterende signaal als kriterium waarde te worden gebruikt. In het Navstar geval is er echter geen gewenst signaal boven het ruisniveau, en speciale maatregelen moeten worden genomen om de triviale oplossing, nl. alle w_i's = 0, zorgend voor geen uitgangs jammervermogen, te voorkomen. Veelal wordt hiertoe de amplitude van de weegfactor van één element gefixeerd: door dit element wordt dan in ieder geval het gewenste signaal ontvangen. Deze methode impliceert echter een beperking in de graden van vrijheid voor het onderlinge amplitudeverloop tussen de elementen. Een betere oplossing is ons inziens mogelijk door na iedere iteratieslag de amplitude van de weegfactor welke dân de grootste waarde heeft, gelijk aan één te maken. Deze laatste methode is toegepast bij het hierna volgende voorbeeld.

De opzettelijke verandering van de weegfactoren kan op een groot aantal verschillende manieren worden geëffectueerd. Zo kan men bijvoorbeeld systematisch kleine amplitude en fase veranderingen aanbrengen op de weegfaktoren, en het effect bekijken, maar ook kan men dit doen op een random manier. Het blijkt dat in veel gevallen dit laatste tot een snellere convergentie leidt. Een eenvoudig voorbeeld hiervan is de versnelde-random-zoek methode, beschreven door de volgende vergelijking:

$$W(k+1) = W(k) + \mu(k)\Delta W(k) \qquad (10)$$

$\mu(k)$ bepaalt hierin de stapgrootte en $W(k)$ is een vector bestaande uit komponenten met lengte 1 en een random fase. In het begin wordt een kleine waarde voor $\mu(k)$ gekozen, μ_0, welke een kleine verandering in de weegfactoren bewerkstelligt. Indien het uitgangsvermogen na deze verandering vermindert, wordt μ_0 verdubbeld en ΔW niet veranderd. Net zolang als het vermogen vermindert, wordt μ vergroot en blijft ΔW hetzelfde. Als het vermogen op een bepaald moment groter wordt, wordt teruggegrepen naar de daarvóór berekende weegfactoren, $W(k-1)$ en wordt μ weer klein gemaakt, gelijk aan μ_0. Vervolgens worden nieuwe random fases toegekend aan de componenten van ΔW en het proces start weer. Feitelijk is het geven van random fases aan ΔW een poging om een richting te vinden in de kriterium-ruimte waarlangs het uitgangsvermogen zal verminderen.

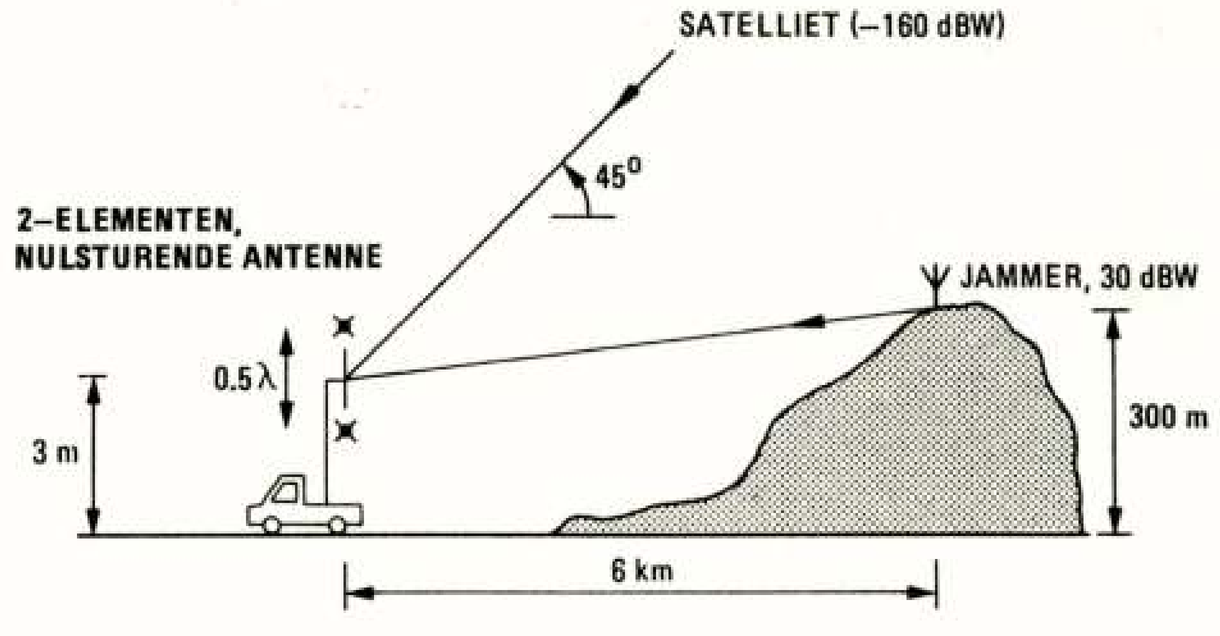


Fig. 4: Voorbeeld van eenvoudig scenario

EEN EENVOUDIG VOORBEELD

Ter illustratie van het voorafgaande volgt nu een eenvoudig voorbeeld. Ofschoon zeker niet alle aspecten van de verschillende methoden hierbij aan de orde komen, geeft het toch enig inzicht in de karakteristieken (Pietersen e.a., 1984). Het volgende scenario werd geanalyseerd, als weergegeven in figuur 4: een jammer zendt een signaal uit op één van de Navstar frequenties met een vermogen van 1 kW. De jammer is gesitueerd op een 300 meter hoge heuvel. Een Navstar satelliet heeft een elevatie van 45° en heeft hetzelfde azimut als de jammer. Een Navstar ontvanger op een jeep, 6 km van de jammer verwijderd, heeft een nul-sturende antenne bestaande uit 2 rondomgevoelige elementen op een hoogte van 3 meter. Voor ieder van de hiervoor genoemde methoden, directe matrix inversie, steilstehelling en versneld random zoeken, werd het nullingsproces met behulp van de computer geanalyseerd. De voornaamste parameters waren:

- ruisniveau van de Navstar ontvanger: - 127 dBW;
- ontvangen satellietvermogen in een element: - 160 dBW;
- ontvangen jammervermogen in een element: - 82 dBW.

Het ontvangen jammervermogen is dus 45 dB boven het ruisniveau, het satellietsignaal 33 dB beneden het ruisniveau en de jammersignaal verhouding dus 78 dB. Onderdrukking van het jammersignaal is dus noodzakelijk daar in het geval van een karakteristieke Navstar ontvanger slechts een jammersignaal verhouding van zo'n 40 dB toelaatbaar is. Allereerst werden de optimale weegfactoren berekent met behulp van vergelijking 1. Vervolgens werd de antennewinst bepaald, resulterend in 1.7 dB in de richting naar de satelliet en - 93 dB naar de jammer toe. Een en ander is weergegeven in figuur 5. De berekende jammer + ruissignaal verhouding werd berekend als 31 dB. Dit laatste getal kan ook worden begrepen door te bedenken dat in feite het ruisniveau nu bepalend is - het jammersignaal is onderdrukt tot ver beneden de ruis - en dat ongeveer 2 dB signaal winst werd bereikt.

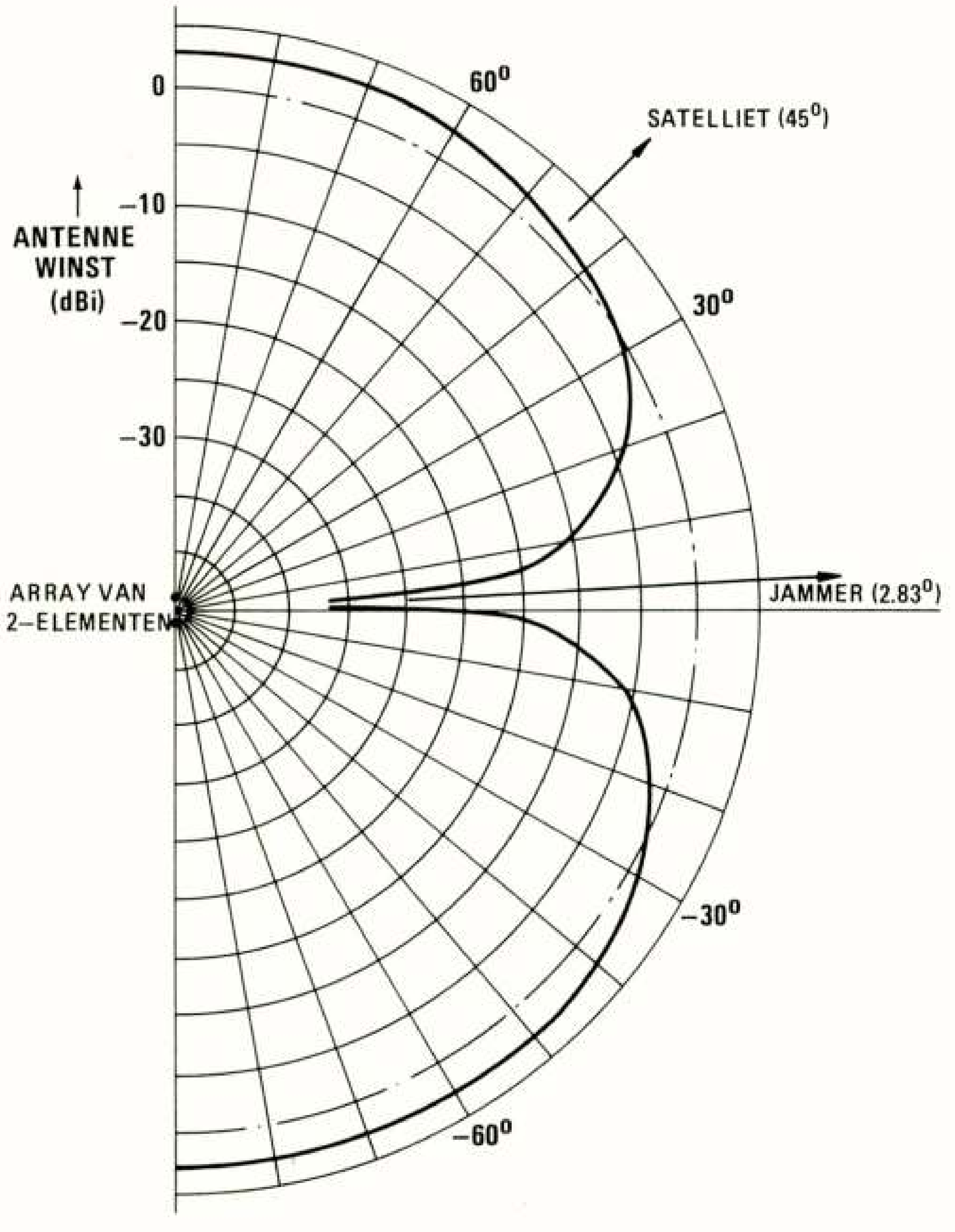


Fig. 5: Antenne patroon in voorbeeld, na nulling

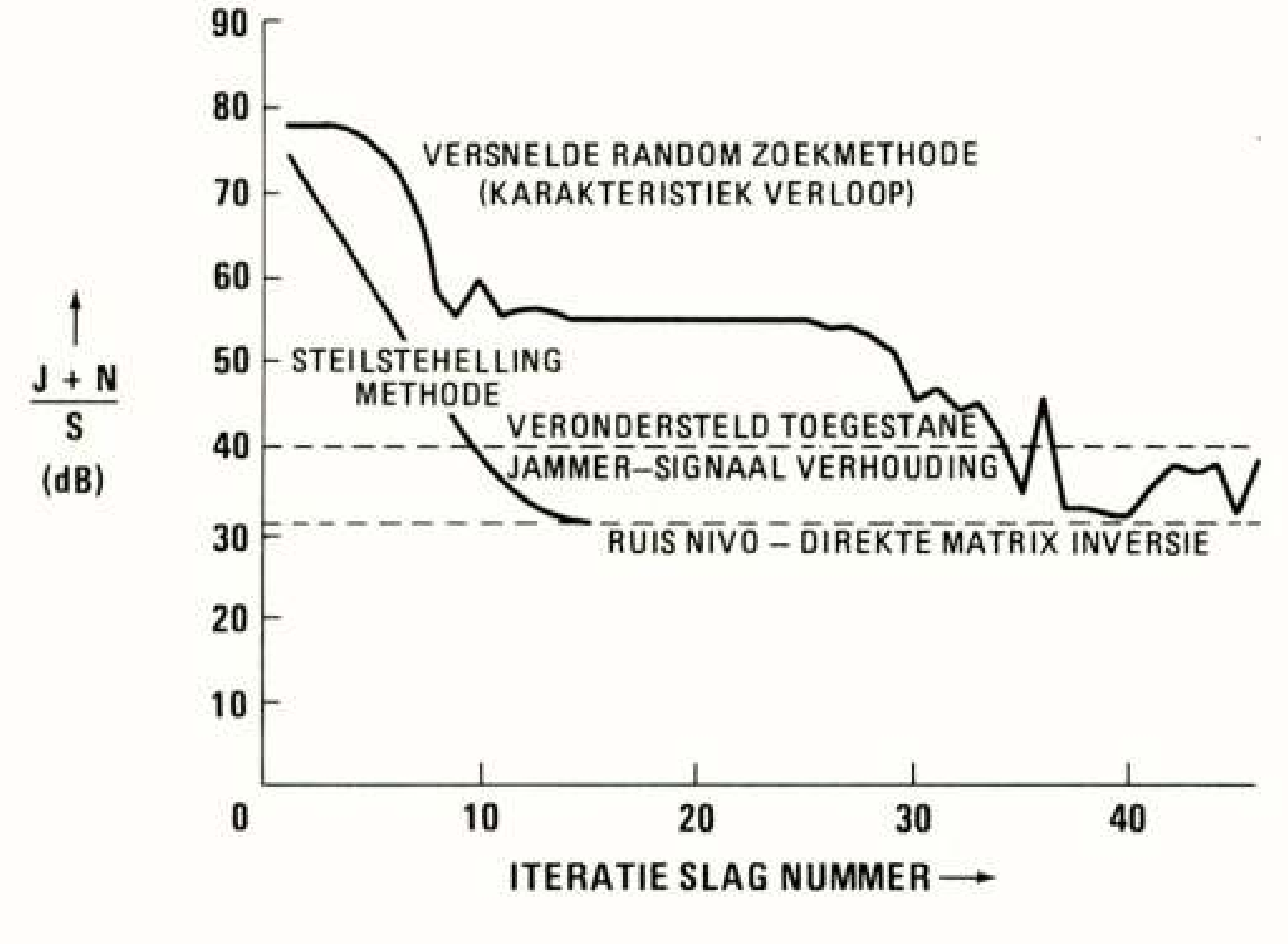


Fig. 6: Convergentie naar minimale jammer-signaal verhouding

Met geschikt gekozen μ's voor de steilstehelling methode en de random zoek methode werd de iteratieve nul-sturing gesimuleerd. Het resultaat hiervan is, per iteratieslag, aangegeven in figuur 6. Bij de steilstehelling methode neemt het jammervermogen af langs een rechte lijn, vrijwel tot aan het ruisniveau. Bij de random-zoek methode duurt het, in dit geval, eerst enige tijd voor een geschikte keuze van de fases van ΔW is gevonden; daarna neemt het jammervermogen versneld af tot een zekere waarde, en vervolgens moet weer naar geschikte fases worden gezocht. Uiteindelijk blijft de jammersignaal verhouding wat op en neer springen, omdat de weegfactoren steeds opzettelijk worden veranderd. Dit laatste is uiteraard alleen onvermijdelijk in een dynamische situatie.

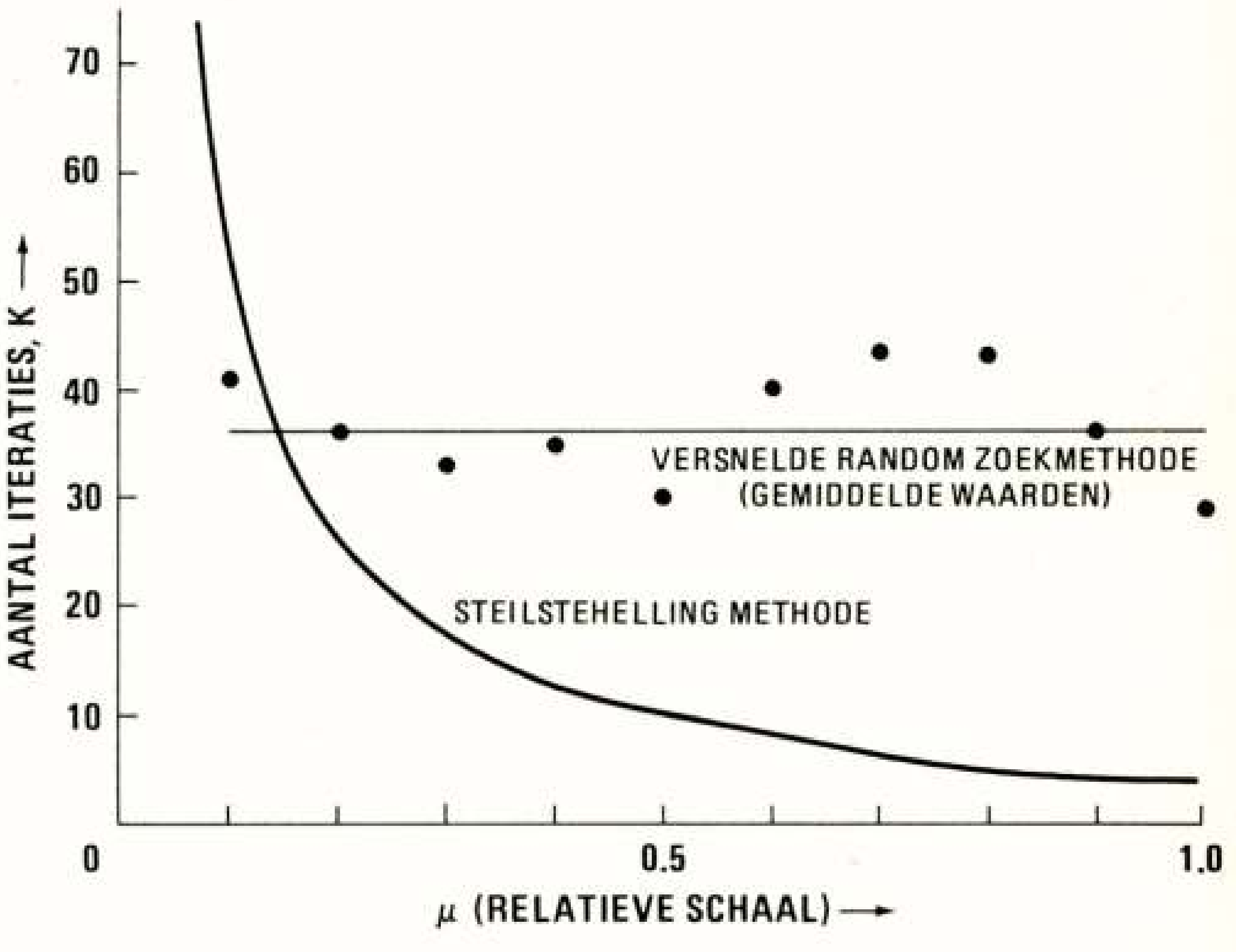


Fig. 7: Aantal iteraties versus μ (versterking of kleinste stapgrootte) om tot eenzelfde kriterium waarde te komen

Opgemerkt dient nog te worden dat de berekende weegfactoren de optimale weegfactoren als bepaald bij de directe matrix inversie benaderden tot op 1 % in amplitude en 0,1° in fase wanneer de jammersignaal verhouding was afgenomen tot 40 dB.
Figuur 7 illustreert het effect van de keuze van de versterking in de steilstehelling methode en de initiële stapgrootte in de versnelde-random-zoek methode. Bij een kleine versterking zal het aantal iteraties zeer sterk toenemen in de steilstehelling methode, terwijl het benodigd gemiddeld aantal iteratieslagen bij de andere methode tamelijk constant blijft. Een en ander geldt bij een konstant ingangs jammervermogen.
Figuur 8 geeft een vergelijking van het benodigd aantal iteratieslagen bij de twee iteratieve methoden wanneer het jammervermogen varieert. Voor een vaste versterking in de steilstehelling methode neemt het aantal vereiste iteratie slagen sterk toe indien het vermogen kleiner wordt, en de regellussen worden al gauw instabiel indien het vermogen toeneemt. In ons voorbeeld is het dynamisch bereik bij een vaste μ slechts ongeveer 15 dB. Indien een spanningsafhankelijke μ wordt toegepast neemt dit dynamisch bereik toe tot zo'n 40 dB. Bij een vermogensafhankelijke μ lijkt geen convergentie probleem meer op te

treden bij wat voor jammervermogen dan ook. Echter, deze conclusie geldt alleen voor het één jammer geval zoals hier is bekeken. Indien er bijvoorbeeld nóg een jammer aanwezig is, met een veel kleiner vermogen, kan begrenzing gebaseerd op het totale ingangsvermogen een versterking opleveren die te klein is om het vermogen van deze tweede jammer te onderdrukken binnen een aanvaardbaar aantal iteraties. De keuze van de grootte van de versterking en de begrenzings methode blijft altijd een compromis. Bij de random-zoek methode neemt het gemiddelde benodigde aantal iteraties toe bij toenemend jammervermogen. De kleinste stapgrootte werd constant gehouden voor het resultaat weergegeven in de figuur. De grootte van de kleinste stap bij random zoeken wordt feitelijk bepaald door de nog toelaatbare veranderingen in de jammer-signaal verhouding na adapteren: de veranderingen welke ook manifest zijn in figuur 6.

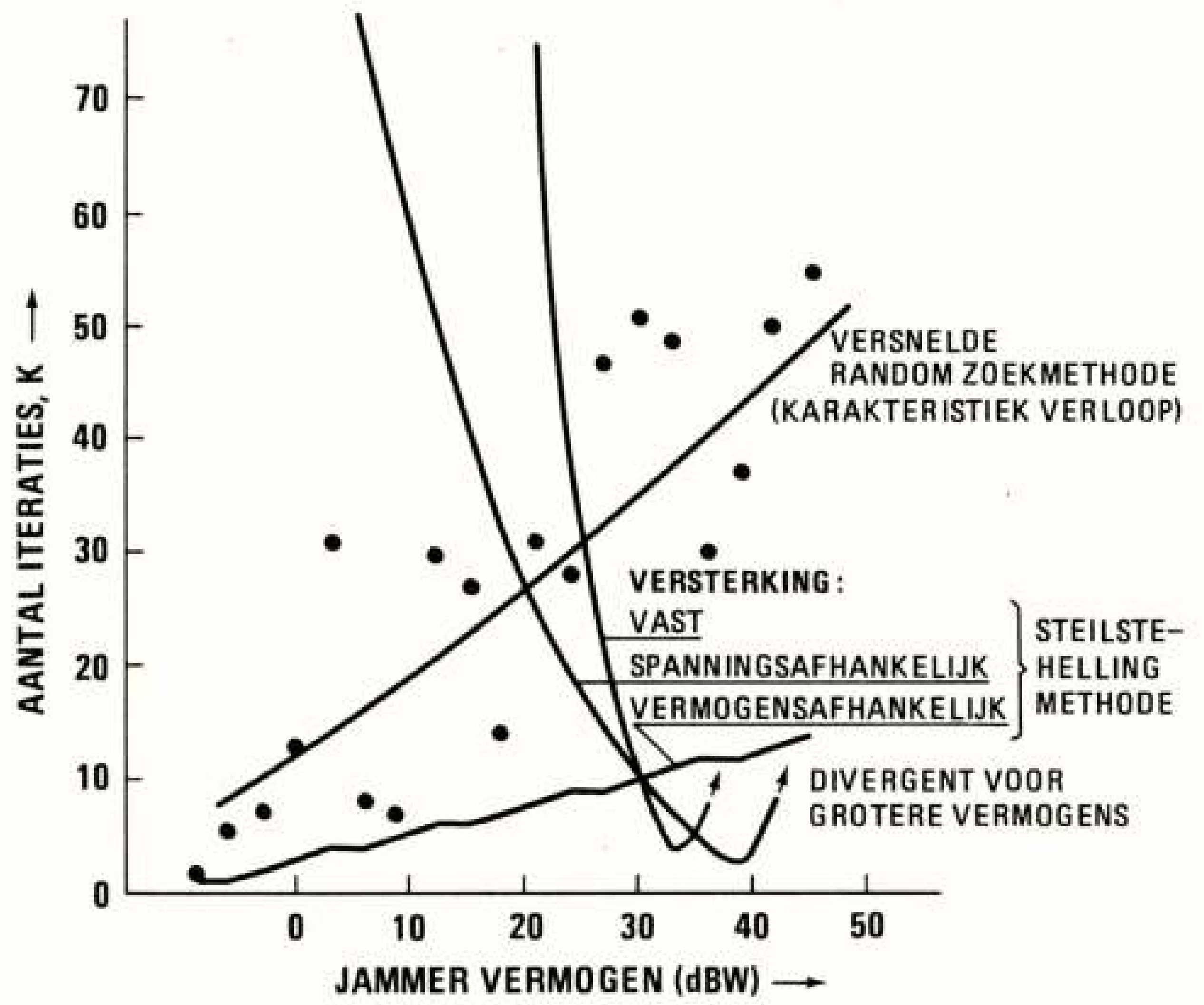


Fig. 8: Vergelijking aantal iteraties bij verschillende jamming vermogens om tot eenzelfde kriterium waarde te komen

VOOR-EN NADELEN VAN DE DRIE METHODEN

Globaal gelden de volgende voor- en nadelen voor de verschillende methoden:

Directe Matrix Inversie

+ Geen iteraties; exacte oplossing voor optimale weegfactoren; prestaties niet erg afhankelijk van aantal en vermogen van jammers.
- Geen gesloten regellus; praktische uitvoering moelijk in verband met instel nauwkeurigheid weegfactoren, niet lineariteiten en soms tijdrovende matrix inversie.

Steilstehelling

+ Gesloten regellus; eenvoudige implementatie, zelfs analoog mogelijk; tamelijk ongevoelig voor niet lineariteiten en instelling weegfactoren.
- Keuze van regellus versterking moeilijk; convergentie snelheid gevoelig voor vermogensverschillen tussen jammers.

Perturbatie

+ Gesloten regellus; zeer eenvoudig digitale implementatie mogelijk; weinig hardware; tamelijk ongevoelig voor relatieve extrema in de kriterium ruimte, niet-lineariteiten en instelling weegfactoren.
- Vaak nogal veel iteratieslagen nodig; minstens één van de weegfactoren is niet optimaal; convergentie snelheid afhankelijk van spreiding in jammervermogens.

SLOT

Navstar GPS zal in bepaalde scenario's behoefte hebben aan extra onderdrukking van jammersignalen. Nul-sturing lijkt hiervoor de beste oplossing te bieden. Verschillende algoritmes kunnen worden toegepast, waarvan er hierboven drie enigermate zijn bekeken. Waarschijnlijk zullen de twee aangeduide iteratieve methoden worden toegepast. De uiteindelijke prestaties moeten nog door middel van testen worden bepaald. Tenslotte zij nog vermeld dat op het NLR thans ook een nul-sturende antenne wordt ontwikkeld, geschikt voor inbouw in een vliegtuig. In principe kan elk van de drie methoden hierin worden toegepast. Verwacht mag worden dat begin 1985 de eerste resultaten beschikbaar zullen komen.

REFERENTIES

1. Applebaum, S.P., Adaptive Arrays, IEEE Trans, Volume AP-24, no. 5, September 1976.

2. Brennan, L.E., Reed, I.S. and Swerling, P., Adaptive Arrays, Microwave Journal, May 1974.

3. Compton, R.T., An Adaptive Array in a Spread Spectrum Communication System, Proc. IEEE, Vol. 66, no. 3, March 1978.

4. Compton, R.T., The power inversion adaptive array: concept and performance, IEEE Trans., Vol. AES, no. 6, November 1979.

5. Gabriel, W.F., Adaptive Arrays - An Introduction Proc. IEEE, Vol. 64, no. 2, February 1967.

6. Hudson, J.E., Adaptive Array Principles, Peter Peregrinus Ltd, 1981.

7. Monzingo, R.A. and Miller, Th.W., Introduction to Adaptive Arrays, John Wiley and Sons, Inc. 1980.

8. Pietersen, O.B.M., Klinker, F., Roefs, H.F.A. and Lucas, A.M.G.M., Theoretical and Computational aspects of adaptively Controlled Navstar Antennas, NLR TR 84004 U, January 1984.

9. Rassweiler, G.G., Wallace, F. and Ottenhoof, C., Analog versus Digital Null-Steering Controllers. Int. Conf. on Communications, IEEE, Chicago, June 1977.

10. Skolnik, M.I. and King, D.D., Self Phasing Array Antennas, IEEE Trans, Volume AP-12, March 1964.

11. Torrieri, D.J., Principles of Military Communication Systems, Chapter 5, Adaptive Antenna Systems, Artech, 1981.

12. White, W.D., Adaptive Cascade Networks for Deep Nulling, IEEE Trans. Vol. AP-26, no. 3, May 1978.

13. Widrow, B., et al, Adaptive Antenna Systems, Proc. IEEE, Vol. 55, no. 12, December 1967.

14. Widrow, B., et al, Adaptive Noise Cancelling: Principles and Applications, Proc. IEEE, Vol. 63, no. 12, December 1975.

15. Zahm, C.L., Application of Adaptive Arrays to Suppress Strong Jammers in the Presence of Weak Signals, IEEE Trans, Volume AES-9, March 1973.

Voordracht gehouden tijdens de 320e werkvergadering.

VARIA

FIRST CALL FOR PAPERS

The 1985 IEEE Symposium on Information Theory (ISIT85) will be held at the Metropole Hotel, Brighton, England, from the evening of Sunday June 23rd until mid-day on Friday June 28th, 1985. The Metropole Hotel has superb conference and social facilities, and is located on the sea-front of the interesting and bustling town of Brighton. Situated 50 miles south of London, Brighton has good road and rail communications with the international airports at Gatwick (20 miles) and Heathrow (70 miles). The cost for full board will be about £185 for a single room, and about £155 for a double room (per person). The Symposium registration fee will be about £80. Detailed information about all the arrangements will be included in subsequent mailings.

Papers presenting new results in information theory and related fields are solicited. Areas to be covered include:

- Communication Systems
- Complexity
- Cryptography
- Data Networks
- Detection and Estimation
- Error-Control Coding
- Information Theory Application
- Multi-User Information Theory
- Pattern Recognition
- Shannon Theory
- Stochastic Processes
- Source Coding and Data Compression

Both long (40 minutes) and short (20 minutes) papers will be accepted. Long papers will be reviewed on the basis of a complete manuscript and the deadline for these is November 1st, 1984. Short papers will be reviewed on the basis of a 500 word summary and the deadline for these is December 1st, 1984. Manuscripts and summaries should be submitted in triplicate together with a brief abstract suitable for the Symposium record. Authors should indicate the area of their paper, for ease of processing. A manuscript that is submitted for consideration as a long paper but which cannot be accommodated in that category will also be considered in the category of short papers unless the author directs otherwise. Acceptance will be by March 1st, 1985. All manuscripts and summaries should be sent to the program chairman:

Professor Edward C. Posner,
Electrical Engineering Department,
Caltech 116-81,
Pasadena, CA 91125,
U.S.A.

General enquiries about the symposium may be directed to either co-chairman:

Professor Patrick G. Farrell	Professor Robert J. McEliece
Electrical Engineering Dept.	Electrical Engineering Dept.
The University,	Caltech 116-81,
Manchester	Pasadena, CA 91125,
M13 9PL U.K.	U.S.A.

Boekennieuws

Microwave propagation studies, measurements and education in Surabaya, Indonesia, Edited by J.Dijk, I.V. Bruza en L.J.M. Wijdemans, ISBN90-6144-995-5, Eindhoven 1983.

Leden voor wie het nuttig lijkt een afdruk van bovengegenoemd boek te ontvangen, kunnen zich hiertoe wenden tot de heer I.V.Bruza, Afdeling der Elektrotechniek THE, Postbus 513 5600MB Eindhoven. Er zijn geen kosten aan toezending verbonden.

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. J. van Duuren, Gr. van Prinstererlaan 22, Huizen N.H.

Nieuwe leden

Ir. H.J. Simons, Diezerplein 28 B, Zwolle.

Nieuwe adressen van leden

Ir. H.T. Hildering, O. Hardystrook 34, Zoetermeer.

Ir. F.J. Kroon, W. Royaardsstraat 68, Hengelo.

Ir. R.E.M. Matthews, Nachtegaallaan 34, Bilthoven.

Ir. A. Meijer, Sporkehout 43, Geldrop.

Ir. A.F. van Veen, Victoria University, dept. Comp. Science, Wellington N.Z., U.S.A.

Ir. H.P.J.M. de Wert, Watermanlaan 8, Son en Breugel.

Ir. C. Wissenburgh, Nobellaan 63, Pijnacker.

Conferentieaankondigingen

CPEM 84; Conference on precision electromagnetic Measurements; 20-24 August; TH Delft. Contact adres: I.J.Smits Tel. 015-781736 ('smorgens)

ISSLS 84. 6th International symposium on subscriber loops and services. 1-5 october 1984 NICE, France. Contact adres: SEE, 48 rue de la Procession, 75724 Paris Cedex 15 (France)

7th Symposium on measurements in communication systems; 16-18 october 1984; Dubrocnik Yugoslavia. Contact adres: Jurema Secretariat, Salajeva 5, P.box 398, 41001 Zagreb. Phone 041/518-811/127.

Third International Conference on HF Communication Systems and Techniques. 26-27 Februari 1985; Plaats en contact adres: The Institution of Electrical Engineers Savoy Place, London WC2R OBL, UK. Tel. 01-240 1871 Ext: 222

Third International Conference on Telecommunication Transmission. 18-21 March 1985; Plaats en contact adres The Institution of Electrical Engineers, Savoy Place, London WC2R OBL, UK. Tel. 01-240 1871 Ext.222.

18th International Conference on Lightning Protection. 16-20 september 1985; Hotel Hilton, Munich. Call for papers 15 november 1984. Contact adres: 18th ICLP; Prof.Dr. Johannes Wiesinger; Dept. of Electrical Engineering; HSBW Munich; Werner Heisenberg Weg 39; D-8014 Neubiberg Tel. 089/60 04-3721.

ICDSC-7; 7th international conference on digital satellite communications; 12-16 May 1986; Hilton International München; Call for papers june 1985; Contact adres: Conference Administrator Mr. H.Heijder Verband Deutscher Elektrotechniker; (VDE) e.V. Zentralstelle Tagungen; Stresemanstrasse 15, D-6000 Frankfurt/Main 70; F.R. of Germany.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 49 - nr. 3 - 1984

Druk: de Witte Eindhoven